

ISSN 0355-1180

HELSINGIN YLIOPISTO

Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto

EKT-sarja 1912

**MAITOPOHJAISTEN JAUHEIDEN AISTINVARAINEN SOVELTUVUUS
VEHNÄLEIVÄN SUOLAN KORVAAJANA**

Elisa Räikkönen

Helsinki 2019

TIIVISTELMÄ

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Maatalous-metsätieteellinen		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Elintarviketieteiden maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Elisa Räikkönen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Maitopohjaisten jauheiden aistinvarainen soveltuvuus vehnäleivän suolan korvaajana			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Yleinen elintarviketeknologia			
Työn laji – Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika – Datum – Month and year Lokakuu 2019	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 61
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>Suolan eli natriumkloridin liikasaanti on merkittävä riskitekijä sydän- ja verisuonisairauksien kehitymisessä. Suomessa suolan saantisuositus on 5 g päivässä, kun suolan todellinen saanti naisilla ja miehillä on 6,4 g ja 8,7 g päivässä. Viljavalmisteiden kuten leivän osuus päivittäisestä suolan saannista on 28 %, mikä tekee leivästä merkittävän suolan lähteen. Suolan vähentäminen heikentää leivän flavoria ja miellyttävyyttä, minkä takia vaihtoehtoisia suolan vähentämismenetelmiä tutkitaan. Tutkimuksen tavoitteena on määrittää mineraalirikastettujen maitopohjaisten jauheiden, maitoproteiinikonsentraattijauheen (MPC60) sekä demineralisoidun herajauheen (DEMI), soveltuvuutta vehnäleivän suolan korvaajana muuttamatta leivän aistinvaraisia ominaisuuksia ja miellyttävyyttä.</p> <p>Normaalisuolaisen (1,1 g/100 g) kontrollileivän (S100) lisäystä suolasta korvattiin 30 ja 50 % DEMI- ja MPC60-jauheiden mineraaleilla (S70D30, S70M30, S50M50 ja S50D50) sekä vähennettiin 50 % lisäystä suolasta (S50). Näytteiden aistinvaraisia ominaisuuksia tutkittiin yleisen kuvailevan menetelmän avulla (GDA, n = 11), jossa koulutettu raati arvioi seitsemän eri hajua, rakennetta, makua ja ulkonäköä kuvaavan ominaisuuden voimakkuutta. GDA tulosten perusteella valittiin miellyttävyyttä mittaavaan kuluttajatutkimukseen (n = 88) sopivimmat tutkimusnäytteet S100, S70D30, S70M30 ja S50M50.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin MPC60- ja DEMI-jauheiden muuttavan vehnäleivän aistinvaraisia ominaisuuksia kuten voimistavan kuoren väriä, hajun paahteisuutta, sisuksen karheutta, suutuntuman kuivuutta ja heikentävän leivän suolaisuutta ja kokonaismaun voimakkuutta. Kuitenkin S50M50 ja S50D50 olivat maultaan ja suolaisuudeltaan voimakkaampia kuin vähäsuolainen S50. Kuluttajatutkimuksen tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja S100, S70D30 ja S70M30 leipien rakenteen, ulkonäön, suolaisuuden ja kokonaismaun miellyttävyydessä. Vaikka DEMI- ja MPC60-jauheet muuttivat vehnäleivän aistinvaraisia ominaisuuksia, muutokset eivät vaikuttaneet leipien miellyttävyyteen, jolloin tutkituilla jauheilla voitiin korvata 30 % vehnäleivän lisäystä suolasta.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Suolan korvaaminen, maitopohjaiset jauheet, vehnäleipä, aistinvarainen laatu, miellyttävyys			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Laila Seppä, Kati Katina, Terhi Aaltonen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto, Helda			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information EKT-sarja 1912			

ABSTRACT

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Master's programme in Food Sciences
Tekijä – Författare – Author Elisa Räikkönen		
Työn nimi – Arbetets titel – Title Sensory feasibility of milk-based powders as a salt substitute of wheat bread		
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Food Technology		
Työn laji – Arbetets art – Level Master's Thesis	Aika – Datum – Month and year October 2019	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 61
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Excessive salt, sodium chloride, intake is a significant risk factor for contribution of cardiovascular diseases. According to Finnish National Nutrition Council recommended salt intake level is 5 g per day. Recommendations exceeding salt consumption for women and men are 6,4 g and 8,7 g per day. Cereal products such as bread cover 28% of the daily salt intake. In Finland the average salt content of bread is 1,1 g/100 g. Salt enhances the typical flavor of bread and increases the liking of the bread. The aim of this study was to determine the sensory effect of mineral enhanced milk-based powders, demineralized whey powder (DEMI) and milk protein concentrate powder (MPC60), as a wheat bread salt substitute without changing the sensory properties and pleasantness of wheat bread.</p> <p>The salt of control wheat bread with typical salt level (1,1 g/100 g) was substituted by 30 and 50% by DEMI and MPC60 powder minerals (S70D30, S70M30, S50D50, S50D50) or decreased by 50% (S50). The sensory properties of the breads were determined with generic descriptive analysis (GDA, n = 11), with seven odor, texture, taste and appearance descriptors. Based on the GDA results samples S100, S70D30, S70M30 and S50M50 were selected for consumer study (n = 88) to determine the salt substitutes effect on pleasantness.</p> <p>DEMI and MPC60 powders changed the sensory properties of wheat bread by increasing the crust darkness, toasted odor, roughness, dryness and decreasing saltiness and bread overall flavor. Nevertheless, S50D50 and S50M50 were higher in perceived saltiness and overall flavor than low salt bread S50. In consumer study, no significant differences were observed between S100, S70D30 and S70M30 in pleasantness of texture, appearance, saltiness and overall pleasantness. Even though, DEMI and MPC60 powders changed the wheat bread properties, it did not affect the pleasantness of breads at the level on 30 % added salt substitution.</p>		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Salt substitution, milk-based powders, wheat bread, sensory quality, pleasantness		
Ohjaaja tai ohjaajat –Handledare – Supervisor or supervisors Laila Seppä, Kati Katina, Terhi Aaltonen		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis collection of the University of Helsinki digital archives, Helda		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information EKT Series 1912		

ESIPUHE

Tämä maisterin tutkielma tehtiin Helsingin yliopiston elintarvike- ja ravitsemustieteiden osastolla. Tutkimus toteutettiin Valio Oy:n toimeksiantona ja rahoittamana.

Suuri kiitos valvojalleni ja ohjaajalleni ETT, DI Laila Sepälle asiantuntevasta ja kannustavasta ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää ohjaajiani FT, Valio Oy:n vastaavaa tutkijaa Terhi Aaltosta mielenkiintoisesta aiheesta ja hyvistä neuvoista sekä apulaisprofessori Kati Katinaa leivontaosion ohjauksesta.

Lämpimät kiitokset myös laboratoriomestari Jutta Varikselle toimimesta korvaamattomana apuna läpi tutkimukseni. Lisäksi suurkiitos tutkimusavustaja Hanna Nihtilälle, tutkimusavustaja Yaqin Wangille ja tohtorikoulutettava Maija Greisille käytännön opastuksesta reseptien suunnittelussa, jauhojen laatumittauksissa ja tilastollisten analyysien suorittamisessa.

Suuret kiitokset aistinvaraisiin tutkimuksiin osallistuneille esiraadin ja koulutetun raadin jäsenille sekä kuluttajille. Ilman teitä en olisi onnistunut toteuttamaan tutkimuksen kokeellista osuutta kesähelteiden aikaan hiljaisella kampuksella.

Sydämelliset kiitokset ystävilleni vertaistuesta ja ilonhetkistä. Ennen kaikkea haluan kiittää perhettäni ja avopuolisoani tuesta ja kannustuksesta silloinkin, kun uskoni valmistumisesta on ollut koetuksella.

Helsingissä lokakuussa 2019

Elisa Räikkönen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
ESIPUHE.....	4
1 JOHDANTO.....	8
2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT	12
2.1 Tutkimuksen eteneminen	12
2.2 Vehnäleipänäytteiden valmistus	13
2.2.1 Raaka-aineet	13
2.2.2 Vehnäjauhon kosteuspitoisuus ja vedensidontakyky	14
2.2.3 Koeleivontaresepti.....	14
2.2.4 Reseptien laskennalliset ravintoarvot.....	15
2.2.5 Koeleivontaprosessi	16
2.3 Instrumentaaliset leivän laadun mittaukset	19
2.4 Aistinvaraisen arvioinnin esikokeet.....	19
2.5 Aistinvarainen tutkimus	20
2.5.1 Aistinvarainen yleinen kuvaileva menetelmä	21
2.5.2 Kuluttajatutkimus	25
3 TULOKSET	27
3.2 Leivän laatuominaisuudet	27
3.2.1 Leivontaominaisuudet	27
3.2.1 Ominaistilavuus ja paistohäviö	27
3.2.2 Valokuvat	28
3.3 Yleisen kuvailevan menetelmän tulokset	30
3.3.1 Keskiarvotulosten tilastollisesti merkitsevät erot.....	30
3.3.2 Toistomittausten varianssianalyysin tulokset.....	33
3.3.3 Pääkomponenttianalyysin tulokset.....	35
3.4 Kuluttajatutkimuksen tulokset	36
3.4.1 Kuluttajien tausta.....	36
3.4.2 Vehnäleipien miellyttävyys ja CATA-ominaisuudet	37
4 POHDINTA.....	39
4.1 Tulosten luotettavuus	39
4.1.1 Leipänäytteiden tasalaatuisuus	39
4.1.2 Instrumentaalisten mittausten luotettavuus	40
4.1.3 Aistinvaraisten menetelmien luotettavuus	40
4.2 Tutkimustulosten tarkastelu	42
4.3 Tutkittujen maitopohjaisten jauheiden mahdollisuudet suolan korvaajana	46

5 PÄÄTELMÄT	47
LÄHDELUETTELO	49
LIITTEET	54
LIITE 1 Referenssinäytteiden koeleivontareseptit ja värikartan standardit.....	54
LIITE 2 GDA suostumuslomake	56
LIITE 3 Aikaisemmissa aistinvaraisissa tutkimuksissa esiintyviä vehnäleivän ominaisuuksia	57
LIITE 4 Koulutetun raadin arviointilomakkeen asettelu	59
LIITE 5 Kuluttajatutkimuksen suostumuslomake	60
LIITE 6 GDA tutkimuksen avoimet kommentit	61

Tutkimuksen keskeinen sanasto

DEMI = mineraalirikastettu demineralisoituherajauhe

MPC60 = mineraalirikastettu maitoproteiinikonsentraattijauhe

Lisätty suola = reseptiin puhtaana lisätyn suolan eli natriumkloridin (NaCl) määrä

Kokonaissuolapitoisuus = leivän laskennallinen kokonaissuolapitoisuus huomioiden kaikki natriumin lähteet (lisätty suola, rasva ja mineraalirikastetut DEMI- ja MPC60-jauheet)

GDA = generic descriptive analysis = aistinvarainen yleinen kuvaileva menetelmä

PCA = principal component analysis = pääkomponenttianalyysi

% j.p. = pitoisuus ilmoitettuna prosentteina jauhun painosta. Jauhun painoon lasketaan jauhun lisäksi DEMI- ja MPC60-jauheen vehnäjauhoa korvaava osuus

% t.p. = pitoisuus ilmoitettuna prosentteina taikinan painosta

% l.p. = g/100 g leivässä = pitoisuus ilmoitettuna prosentteina leivän painosta

1 JOHDANTO

Ruokasuolan liikasaanti on maailmanlaajuisesti merkittävä riskitekijä kansantauteina tunnettujen sydän- ja verisuonisairauksien kehittymisessä (WHO 2012). Suolan sisältämä natrium nostaa verenpainetta, mikä lisää riskiä sairastua sydän- ja verisuonisairauksiin. WHO:n jäsen valtiot ovat asettaneet tavoitteeksi vähentää koko väestön suolan saantia 30 %:lla vuoteen 2025 mennessä (WHO 2013). Nykyinen keskimääräinen väestön suolasaanti on 9–12 grammaa päivässä, kun ravitsemussuositusten mukainen suolan enimmäissaantisuositus on 5 grammaa päivässä (WHO 2013, VRN 2018). FinnRavinto2017 julkaisun mukaan Suomessa miehet saavat keskimäärin 8,7 grammaa ja naiset 6,4 grammaa suolaa päivässä (THL 2018).

Suolan saannin vähentämisen edistämiseksi on määrätty uusia pakkausmerkintäasetuksia ja lisätty kuluttajien tietoisuutta suolan haittavaikutuksista. Esimerkiksi maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (MMM As 1010/2014) mukaan leivälle tulee esittää merkintä ”voimakassuolainen”, kun sen suolapitoisuus on enemmän kuin 1,1 g/100 g leipää. Asetuksen määrän pakkausmerkinnän lisäksi leivälle voidaan esittää ravitsemusväite ”sisältää vähemmän suolaa”, jos se sisältää 25 % vähemmän suolaa leivän voimakassuolaisuuden rajasta (EU As 1924/2006).

Suurin osa suomalaisten päivittäisestä suolasta saadaan liha- ja kananmunaruoista sekä viljavalmisteista kuten leivästä (THL 2018). Leipä on useissa maissa päivittäinen ravinnonlähde, jonka suolapitoisuus vaihtelee kulttuurista riippuen (Quilez ja Salas-Salavado 2012). Suomessa viljavalmisteiden osuus väestön päivittäisestä suolan saannista on 28 % ja keskimääräinen vehnäleivän sisältämä suolapitoisuus on 1,09 g/100 g (Lehto ja Tikkanen 2007, THL 2018). Muissa Euroopan maissa keskimääräiset leivän suolapitoisuudet ovat vielä korkeampi kuten Espanjassa (2,08 g/100 g), Saksassa (1,60 g/100 g), Ranskassa (1,58 g/100 g) ja Italiassa (1,50 g/100 g) (CVUA 2015, Farinós ym. 2017, Carcea ym. 2018, CIQUAL 2019).

Suolan käyttäminen vehnäleivän raaka-aineena on perusteltua, mikä tekee sen vähentämistä haasteellista. Suola vahvistaa taikinan gluteenin eli sitkon muodostumista, mikä vaikuttaa taikinan käsiteltävyyteen ja leivän rakenteeseen (Salovaara 2017). Suolaisen taikinan gluteeniproteiinit pakkautuvat tiiviimmin yhteen natrium-, kloridi-ionien ja gluteenimolekyylien välisten heikkojen vuorovaikutusten seurauksena (Beck ym. 2012c, Lynch ym. 2009). Verrattaessa suolattoman ja suolaisen taikinan reologisia ominaisuuksia havaitaan

suolan vähentävän taikinan vedensidontakykyä sekä lisäävän taikinan muodostumisaikaa, sekoituskestävyyttä ja venyvyyttä (Salovaara 1982a, Salovaara 1984, Lynch ym. 2009). Suola rajoittaa taikinan hiivan fermentaatiota, mikä suoraan vaikuttaa leivän huokoskokoon, huokosten jakaumaan sekä leivän tilavuuteen (Salovaara 1984, Lynch ym. 2009). Suola laskee taikinan vedenaktiivisuutta, mikä laskee hiivan toimintakykyä ja siten vähentää taikinaa nostattavien kaasukuplien muodostumista (Salovaara 1984, Luchian ym. 2010). Suolaisen leivän (1,2 % l.p.) huokosten koko on pienempi ja kokojakauma tasaisempi kuin suolattomassa leivässä (Lynch ym. 2009). Siten suolan käytöllä on vaikutusta leivän tilavuuteen, jota pidetään tärkeänä leivän laatuominaisuutena (Sluimer 2005, Lynch ym. 2009, McCann ja Day 2010). Suolalla on myös pilaajamikrobien kasvua hidastava vaikutus (Salovaraa ym. 1986, Belz ym. 2012, Samapundo ym. 2010). Kuitenkin matalissa leivän suolapitoisuuden muutoksissa suolan vaikutus taikinan ja leivän ominaisuuksiin on vähäistä. Lisäksi kaikkia edellä mainittuja leivän ja taikinan ominaisuuksia voidaan säädellä muutamalla prosessiparametrejä sekä raaka-aineita, jolloin suolapitoisuuden muutoksella ei ole yhtä suurta merkitystä (Lynch ym. 2009, Samapundo ym. 2010).

Merkittävin syy miksi suolaa lisätään vehnäleipään, on sen tuottama leivän ominainen maku ja sen vaikutus leivän miellyttävyyteen. Se ei ainoastaan lisää leivän suolaista makua, vaan edistää muita flavori ominaisuuksia (Miller ja Hosney 2008, Lynch ym. 2009, Pflaum ym. 2013). Pflaum ym. (2013) havaitsivat yleisen kuvailevan menetelmän (engl. generic descriptive analysis, GDA) avulla suolan vähentävän leivän aistittua karvautta, hiivaisuutta, jauhoisuutta sekä tunkkaisuutta ja lisäävän leivän aistittua suolaisuutta, kun tutkittavien leipien suolapitoisuudet olivat 0,7; 1,5; 2 % j.p.:sta. Täysin suolattomia vehnäleipiä kuvailtiin mauttomiksi ja miedoiksi. Lynch ym. (2009) havaitsivat vastaavan tuloksen tarkastellessaan tuloksia pääkomponenttianalyysillä (engl. principal component analyse, PCA). Parhaiten leipien aistinvaraisten ominaisuuksien eroja selitti leivän suolapitoisuuksien erot, kun tutkittujen leipien suolapitoisuudet olivat 0; 0,3; 0,6 ja 1,2 % t.p.:sta. Suolattomia leipiä kuvaavia ominaisuuksia olivat hapen, hapantaikinamainen sekä hiivainen flavori. Vehnäleivän aistinvaraisten ominaisuuksien lisäksi suolan vähentäminen vaikuttaa vehnäleivän aistittuun miellyttävyyteen (La Croix ym. 2014, Antúnez ym. 2016). Antúnez ym. (2016) ja La Croix ym. (2014) havaitsivat vehnäleivän miellyttävyyden laskevan, kun suolaa vähennettiin 30 % ja 20 %, kun lähtösuolapitoisuuden tasot olivat 2 % j.p.:sta. Leivän suolaisuuden miellyttävyyteen vaikuttaa useat tekijät kuten arvioijan kylläisyys, tottumus tiettyyn suolapitoisuuteen ja

yksilölliset erot aistireseptorisolujen herkkyydessä (Tuorila-Ollikainen ym. 1986, Rødbotten ym. 2015, Puputti ym. 2018).

Leivän suolan vähentämisen haasteena on ennen kaikkea säilyttää leivän maun miellyttävyys hyvänä. Ongelman ratkaisemiseksi on tutkittu useita suolan vähentämismenetelmiä, joista yleisimpiä ovat aistien adaptoituminen vähäsuolaisempaan leivän makuun, suolaisen maun edistäminen leivän ja suolan rakenteellisilla muutoksilla, suolaisen maun voimistaminen aromiyhdisteillä tai suolan korvaaminen suolaisilla yhdisteillä (Quilez ja Salas-Salvado 2012, Busch ym. 2013, Silow ym. 2016). Girgis ym. (2003) onnistuivat vähentämään 25 % vehnäleivän suolapitoisuudesta (2 % j.p.) laskematta leivän miellyttävyyttä tai kokonaisflavorin voimakkuutta totuttamalla kuluttajat asteittain vähäsuolaisempaan leipään kuuden viikon aikana. Antúnez ym. (2016) havaitsivat mahdolliseksi laskea vehnäleivän suolapitoisuutta (2 % j.p.) 10 % saman arviointisession aikana vaikuttamatta kuluttajien miellyttävyyteen. Noort ym. (2010) vähensivät vehnäleivän suolapitoisuutta (2 % j.p.) jakamalla suolan eri pitoisina kerroksina taikinaan, jolloin voimakkaasti suolalla konsentroituneet kohdat mahdollistivat 28 % suolan vähentämisen menettämättä leivän miellyttävyyttä. Edellä mainitut suolan vähentämismenetelmät vaativat aikaa, valmistajien sitoutumista ja laiteinvestointeja, kun taas korvaavilla tai voimistavilla yhdisteillä voidaan saavuttaa helpommalla sama tai jopa vielä pienempi suolapitoisuus (Silow ym. 2016).

Vehnäleivän suolapitoisuutta voidaan vähentää edellä mainittujen menetelmien lisäksi käyttämällä suolaisen maun voimistajia, jotka eivät itsessään tuota suolaista makuaihimusta (Silow ym. 2016). Yleisesti tiedetään happamien ja umamin makuisten yhdisteiden voimistavan suolaisuutta (Wilken ja Phillips 2014). Leivän suolaisuutta on voimistettu lisäämällä orgaanisia happoja kuten laktaattihappoa taikinaan tai tuottamalla happoa hapanjuurileivonnalla (Hellemann 1992, Rizello ym. 2010). Leivän suolaisuutta voimistavia umamiyhdisteitä ovat glutamaattia sisältävät soijapohjaiset tuotteet, aminohapot, laktaatit ja hiivatuotteet (Noort ym. 2010, Jimenez-Maroto ym. 2013).

Suolan korvaajia eli aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan suolaisen maun kaltaisia yhdisteitä ovat kaliumin, magnesiumin, kalsiumin, ammoniumin ja litiumin suolat (Salovaara 1982a, Salovaara 1982b, van der Klaauw ym. 1995). Suoloista myrkyllinen litiumkloridi vastaa eniten natriumkloridin tuottamaa aistinvaraista profiilia (van der Klaauw ym. 1995). Muista suoloista lupaavin ja eniten tutkittu vehnäleivän suolaa korvaavayhdiste on kaliumkloridi (Salovaara

1982b, Braschi ym. 2009, Antúnez ym. 2018, Reißner ym. 2019). Reißner ym. (2019) tutkivat kaliumkloridin (KCl), kalsiumkloridin (CaCl_2) ja magnesiumkloridin (MgCl_2) vaikutusta 50 % suolan korvaustasolla vehnäleivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin kolmitestin avulla, kun kontrollileivän suolapitoisuus oli 1,5 % j.p.:sta. Vehnäleivän suolasta voitiin korvata 50 % kaliumkloridilla menettämättä vehnäleivän aistinvaraisia ominaisuuksia. Kalsiumkloridin ja magnesiumkloridin lisääminen aistittiin metallisena ja karvaana sivumakuna. Myös Antúnez ym. (2018) havaitsivat korvatessaan vehnäleivän suolasta (2 % j.p.:sta) 40 % kaliumkloridilla metallisen ja karvaan sivumaun. Suolaa korvaavien suolojen sivumaku on haaste, mikä rajoittaa niiden käyttöä korkeissa suolaa korvaavissa pitoisuuksissa. Mineraalisuolojen karvautta voidaan pyrkiä peittämään esim. makean sakkaroosin tai suolaisen natriumin avulla (Abu ym. 2018, Frankowski 2014).

Nykyisten suolan vähentämismenetelmien lisäksi etsitään uusia ratkaisuja, joista innovatiivisimpia ovat luontaisesti suolan korvaajina tunnettuja suoloja sisältävät materiaalit kuten maitopohjaiset jauheet ja konsentraatit (Smith ym. 2016, Engeloung ym. 2017). Maitopohjaisia jauheita on lisätty vehnäleipään sen tuomien funktionaalisten ja ravitsemuksellisten hyötyjen takia (Kenny ym. 2000, Sluimer 2005, Pyler ja Gorton 2008c, Wronkowskaa ym. 2015). Kenny ym. (2000) havaitsivat natriumkaseinaattijauheen, täysmaitojauheen ja rasvattoman maitojauheen lisäävän vehnäleivän flavorin, hajun ja rakenteen miellyttävyyttä sekä leivän kokonaismiellyttävyyttä. Maidon luontaisesti sisältäviä mineraaleja ovat kalium, natrium, kalsium, magnesium, kloridi ja fosfaatti, joista runsaimpana esiintyy kalium (Tamime ym. 2009). Esimerkiksi juuston valmistuksessa muodostuva nestemäinen hera on maultaan suolainen juurikin maidon luontaisten mineraalien ansiosta (Smith ym. 2016). Lisäksi maitopohjaisten jauheiden muut yhdisteet kuten maitohappo ja aminohapot toimivat suolaisen maun voimistajana, kun taas makea disakkaridi laktoosi voi toimia mineraalien karvauksen maun peittäjänä (Tamura ym. 1989, Frankowski ym. 2014, Abu ym. 2018).

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää mineraalirikastettujen maitopohjaisten jauheiden, maitoproteiinikonsentraattijauheen (MPC60) sekä demineralisoidun herajauheen (DEMI) käyttöä vehnäleivän suolan korvaajana vaikuttamatta negatiivisesti leivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja miellyttävyyteen. MPC60- ja DEMI-jauheiden potentiaalia suolan korvaajana tutkitaan GDA ja kuluttajatutkimuksen avulla.

2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimuksen eteneminen

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, voidaanko vehnäleivän suolaa vähentää korvaamalla lisättyä suolaa maitopohjaisilla DEMI- ja MPC60-jauheilla säilyttäen vehnäleivän aistinvaraisen suolaisuuden. Lisäksi tutkimuksessa haluttiin selvittää DEMI- ja MPC60 -jauheiden vaikutus vehnäleivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja miellyttävyyteen.

Vehnäleivän suolaa korvattiin siten, että vähennetty suolapitoisuuden massa (g) vastasi jauheiden sisältämien mineraalien kuiva-ainepitoisuuden massaa (g). Jauheet sisältävät 13 % kuiva-ainepainostaan maidossa luontaisesti esiintyviä mineraaleja. Vähennettyä suolaa korvaava jauheen määrä laskettiin kaavalla 1, jossa vähennetty suolan määrä (g) jaetaan jauheen mineraalipitoisuudella. Jauheiden muiden ainesosien kuin mineraalien osuus vähennettiin vehnäjauhosta, jotta reseptien kokonaispaino ja siten ainesosien suhteet pysyivät muuttamattomina.

$$\text{lisättävä DEMI tai MPC60 (g)} = \frac{\text{vähennetty NaCl määrä (g)}}{0,13} \quad (1)$$

Tutkimusnäytteet merkittiin seuraavan selostuksen mukaisesti. Näytteen nimessä ilmoitetaan suolan prosentuaalinen osuus = x lisätyn suolan painosta = S, jonka jälkeen ilmoitetaan suolaa korvaavan MPC60 = M tai DEMI = D jauheen mineraalien prosentuaalinen osuus = y lisätystä suolasta. Esimerkiksi näytteessä S70M30 on 70 % lisättyä suolaa kontrollileivän suolapitoisuudesta ja 30 % lisätyn suolan osuus on korvattu MPC60 -jauheen mineraaleilla.

Tutkimus koostui esikokeista sekä kahdesta aistinvaraisesta osakokeesta, GDA ja kuluttajatutkimuksesta. Esikokeissa korvattiin kontrollileivän lisättyä suolaa jauheiden mineraaleilla 10 % välein. Esiraati (n = 3) ja tutkija valitsivat GDA tutkimukseen sopivat näytteet havainnoiden leipien aistinvaraisia ominaisuuksia. GDA tutkimuksessa koulutettu raati (n = 11) arvioi tutkittavien leipien S70D30, S70M30, S50D50 S50M50, kontrollin S100 ja vähäsuolaisen S50 leivän aistinvaraisia ominaisuuksia. Koulutetun raadin tuloksista valittiin kuluttajatutkimukseen (n = 88) suolaisuudeltaan ja aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan sopivat näytteet. Kuluttajatutkimuksessa selvitettiin, onko jauheilla korvattujen leipien

miellyttävyydessä eroavaisuutta verrattaessa tavanomaiseen vehnäleipää. Tutkimuksen eteneminen on esitetty päivämäärineen taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimus- ja referenssinäytteiden leivonta- ja mittauspäivämäärät.

Tutkimus	Näyte	Koeleivonta	Instrumentaaliset mittaukset	Aistinvarainen arviointi
GDA	S100	17.6.2019	18.6.2019	18.-19.7.2019
	S70D30	19.6.2019	20.6.2019	18.-19.7.2019
	S70M30	19.6.2019	20.6.2019	18.-19.7.2019
	S50	17.6.2019	18.6.2019	18.-19.7.2019
	S50D50	24.6.2019	25.6.2019	18.-19.7.2019
	S50M50	24.6.2019	25.6.2019	18.-19.7.2019
	rS0	11.6.2019	12.6.2019	18.-19.7.2019
	rS130	1.7.2019	18.7.2019	18.-19.7.2019
	rS30D70	1.7.2019	18.7.2019	18.-19.7.2019
Kuluttaja	S100	29.7.2019	30.7.2019	27.8.2019
	S70D30	29.7.2019	30.7.2019	27.8.2019
	S70M30	29.7.2019	30.7.2019	27.8.2019
	S50M50	31.7.2019	1.8.2019	27.8.2019

2.2 Vehnäleipänäytteiden valmistus

2.2.1 Raaka-aineet

Leipänäytteiden valmistuksessa käytettiin puolikarkeaa vehnäjauhoa (Leipurin puolikarkea vehnäjauho, Helsingin Mylly Oy: proteiini 12,5 %, rasva 2,1 %, hiilihydraatti 70 %), jodioitua ruokasuolaa (Jozo jodioituruokasuola, Nouryon), taloussokeria (Dansukker, Suomen Sokeri Oy), tuorehiivaa (Suomen Hiiva Oy), juoksevaa kasvisrasvaveitettä (Sunnuntai Juokseva Rypsiöljyvalmiste, Bunge Finland Oy) ja talousvettä.

Leipien suolapitoisuutta vähennettiin korvaamalla lisättyä suolaa maitopohjaisten jauheiden mineraaleilla, joita on lisätty kahteen eri tutkittavaan Valion Oy tuottamaan DEMI- ja MPC60 -jauheeseen. Taulukossa 2 on esitetty tutkittujen maitopohjaisten jauheiden koostumukset, jotka on määritetty Valio Oy:n toimesta.

Taulukko 2. Mineraalirikastettujen maitopohjaisten jauheiden maitoproteiinikonsentraatin (MPC60) ja demineralisoidun heraproteiinijauheen (DEMI) koostumukset määritettynä jauheen kuiva-ainepainosta.

	MPC60 (% k.p)	DEMI (% k.p)
Proteiini	61	12
Laktoosi	22	73
Rasva	1	0,9
Tuhka	13	13
Kalsium	1,6	1,6
Natrium	0,74	0,74
Kalium	3,2	3,2
Fosfori	1,2	1,2
Magnesium	0,1	0,1
Kloridi	3,1	3,1

2.2.2 Vehnäjauhon kosteuspitoisuus ja vedensidontakyky

Vehnäjauhon kosteuspitoisuus 13,14 % määritettiin uunikuivausmenetelmällä AACC-yleisen standardimenetelmän 44-15A mukaisesti (AACC 1994a). Koeleivontaresepteissä käytetty vesimäärä määritettiin farinografimittauksella (Brabender GmbH & Co. KG, Saksa) soveltaen AACC-yleistä standardimenetelmää 54.21.01 (AACC 1994b). Standardista poiketen vehnäjauhoihin lisättiin 1,7 % jauhon painosta (% j.p.) suolaa, jotta voitiin määrittää kontrollileipä taikinalle optimaalisin vesipitoisuus. Suola laskee taikinan vedensidontakykyä, jolloin farinogrammin 500 BU konsistenssi vakion saavuttamiseen tarvitaan vähemmän vettä (Salovaara ym. 1986). Farinogrammista määritettiin kontrollileivän reseptin vesipitoisuudeksi 56,30 % j.p.:sta. Reseptiin lisätyn veden määrä pidettiin vakiona, kun suolaa korvattiin tai vähennettiin kontrollileipäreseptistä.

2.2.3 Koeleivontaresepti

Tutkimusnäytteet valmistettiin Helsingin yliopiston prosessiteknologian laboratoriossa. Vehnäleivän reseptin lähtökohtana ja valmistusmenetelmänä oli aikaisemmissa Helsingin yliopiston tutkimuksissa käytetty koeleivontamenetelmä (Wang ym. 2019, Wang ym. 2018). Koeleivontareseptin taikinan tavoitekoori oli noin 2500 g, jolloin yhdestä koeleivontaerästä saatiin kymmenen 250 ± 1 g taikinapalaa.

Taulukossa 3 ja 4 on esitetty tutkittavien vehnäleipien S100, S70D30, S70M30, S50, S50D50 ja S50M50 näytteiden reseptit grammoina (g) ja prosentteina jauhon painosta (% j.p.). S100 on tutkimuksen kontrollinäyte, jonka lisäystä suolasta korvattiin 30 ja 50 % DEMI- ja MPC60-jauheiden mineraaleilla. Jauheiden muut ainesosat kuten laktoosi ja proteiini

vähennettiin vehnäjauhon määrästä, jotta taikinan ainesosien suhteet pysyivät muuttumattomina. Lisättyä suolaa korvaavien näytteiden lisäksi valmistettiin vähäsuolainen vehnäleipä S50, jonka lisättyä suolapitoisuutta vähennettiin 50 %.

Taulukko 3. Koeleivontareseptit näytteille S100, S70D30 ja S70M30 ilmoitettuna grammoina taikinan painosta (g) ja prosentteina jauhon painosta (% j.p.).

	S100		S70D30		S70M30	
	g	% j.p.	g	% j.p.	g	% j.p.
Vehnäjauho	1500,00	100,00	1451,82	96,79	1451,82	96,79
Vesi	844,50	56,30	844,50	56,30	844,50	56,30
DEMI/MPC60	0,00	0,00	55,38	3,69	55,38	3,69
Suola	24,00	1,60	16,80	1,12	16,80	1,12
Sokeri	30,00	2,00	30,00	2,00	30,00	2,00
Hiiva	75,00	5,00	75,00	5,00	75,00	5,00
Rasva	90,00	6,00	90,00	6,00	90,00	6,00
Yhteensä	2563,50	170,90	2563,50	170,90	2563,50	170,90

Taulukko 4. Koeleivontareseptit näytteille S50, S50D50 ja S50M50 ilmoitettuna grammoina taikinan painosta (g) ja prosentteina jauhon painosta (% j.p.).

	S50		S50D50		S50M50	
	g	% j.p.	g	% j.p.	g	% j.p.
Vehnäjauho	1500,00	100,00	1419,69	94,65	1419,69	94,65
Vesi	844,50	56,30	844,50	56,30	844,50	56,30
DEMI/MPC60	0,00	0,00	92,31	6,15	92,31	6,15
Suola	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80
Sokeri	30,00	2,00	30,00	2,00	30,00	2,00
Hiiva	75,00	5,00	75,00	5,00	75,00	5,00
Rasva	90,00	6,00	90,00	6,00	90,00	6,00
Yhteensä	2551,50	170,10	2563,50	170,90	2563,50	170,90

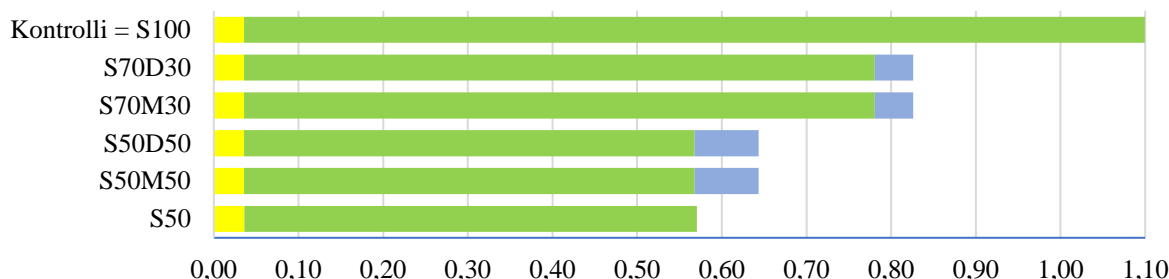
2.2.4 Reseptien laskennalliset ravintoarvot

Tutkimusnäytteiden koeleivontaresepteistä valmistettavien vehnäleipien laskennalliset ravintoarvosisällöt on esitetty taulukossa 5. Ravintoarvojen lähteinä käytettiin ainesosien pakkauksissa ilmoitettuja ravintoarvomerkintöjä. Ravintoarvojen laskennassa huomioitiin leivän paistohäviöksi 12 % taikinan painosta, johon sisältyy sokerin käymishäviö sekä veden haihtumishäviö.

Taulukko 5. Tutkimusnäytteiden ravintoarvot ilmoitettuna vehnäleivän painosta (g/100 g). Vehnäleivän painosta on vähennetty 12 % paistohäviö.

	S100	S70D30	S70M30	S50D50	S50M50	S50
Energiaa (kcal/100g)	262,99	264,08	263,91	264,81	264,52	264,22
Rasvaa (g/100 g)	4,61	4,59	4,59	4,57	4,57	4,63
Hiilihydraatteja (g/100 g)	46,56	46,85	45,60	47,05	44,96	46,77
Proteiinia (g/100 g)	8,82	8,85	10,05	8,87	10,87	8,87
Suolaa (g/100 g)	1,10	0,83	0,83	0,64	0,64	0,57

Laskennallisessa kokonaissuolapitoisuudessa on huomioitu reseptien lisätty suola, rasvan sisältämä suola ja DEMI- tai MPC60-jauheen natriumpitoisuus suolana. Tutkimusnäytteiden kokonaissuolapitoisuudet (g/100 g) on esitetty kuvassa 1. Kaikille tutkituille näytteille paitsi S100 leivälle voidaan esittää ravitsemusväittämä ”sisältävää vähemmän suolaa” tai ”suolaa vähennetty” pakkausmerkinnöissä (EU As 1924/2006). Ravitsemusväittämän ehtona on, että tuote sisältää enintään 0,83 g/100 g suolaa huomioiden kaikki natriumin lähteet suolana.



Kuva 1. Tutkimusnäytteiden kokonaissuolapitoisuudet ja suolan lähteiden osuudet vehnäleivän painosta (g/100 g) huomioiden 12 % paistohäviön. Kokonaissuolapitoisuus lasketaan rasvan (keltainen), lisätyn suolan (vihreä) ja DEMI/MPC60-jauheen suolan (sininen) summana. Jauheiden natriumpitoisuus on muunnettu suolaksi kertomalla pitoisuus suolan ekvivalenttikertoimella 2,5.

2.2.5 Koeleivontaprosessi

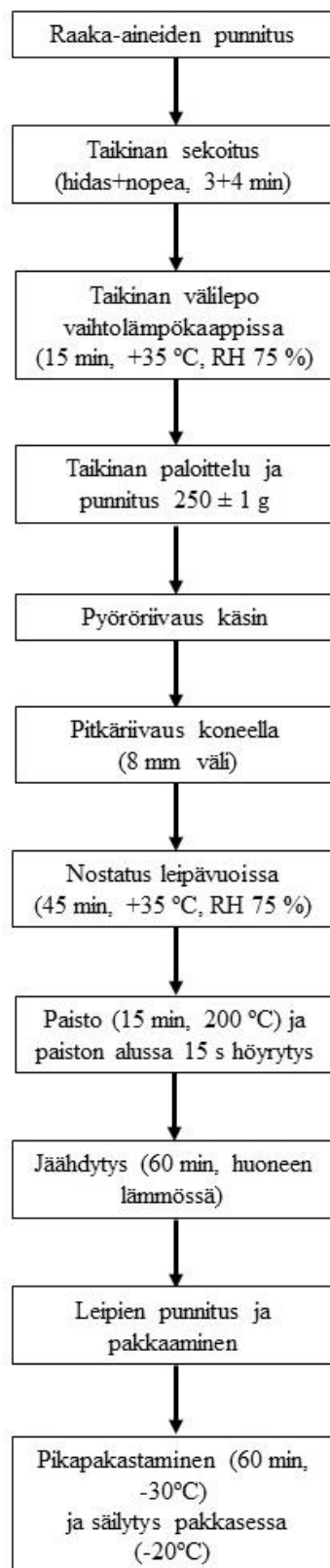
Tutkittavat näytteet koostuivat yhteensä viiden eri koeleivontaerän näytteistä. GDA ja instrumentaalisia mittauksia varten valmistettiin 3 koeleivontaerää ja kuluttajatutkimusta varten valmistettiin 2 koeleivontaerää. Lisäksi GDA tutkimusta varten valmistettiin referenssileiviksi suolaton leipä (rS0), voimakassuolainen leipä (rS130) ja voimakas maitomineraalileipä (rS30D70), joiden valmistusreseptit on esitetty liitteessä 1.

Koeleivontamenetelmän työvaiheet ja olosuhteet on esitetty prosessikaaviona kuvassa 2. Raaka-aineet punnittiin yläkuppivaaioilla (Mettler PE 1600 ja Precisa 1000C-3000D, Sveitsi). Raaka-aineet sekoitettiin ja vaivattiin taikinaksi taikinakoneella (Diosna SP-24D, Saksa) ensin 3 min hitaalla nopeudella ja sitten 4 min voimakkaalla nopeudella. Sekoituksen jälkeen mitattiin

taikinan lämpötila lämpötilamittarilla (Extech Thermometer 39240, USA). Taikinan tavoitelämpötila oli 26 ± 1 °C:tta. Kuiva-aineet säilytettiin huoneenlämmössä 22 ± 1 °C:ssa ja tuoretuotteet kylmäkaapissa 4 ± 1 °C:ssa. Veden lämpötilaa muutettiin prosessin lämpötilaolosuhteiden mukaan taikinan tavoitelämpötilan saavuttamiseksi. Sekoituksen jälkeen taikinan annettiin levätä 15 min vaihtolämpökaapissa (Lillnord Topline 930, Tanska) 35 °C:ssa ja RH 75 %:ssa.

Voipuneesta taikinasta punnittiin yläkuppivaa'alla (Precisa 4000, Sveitsi) 250 ± 1 g taikinapaloja, jotka muotoiltiin käsin pyöröriivaamalla pyöreiksi palloiksi. Taikinapallot muotoiltiin lieriöiksi pitkärullaajalla (Frilado 2, Saksa) 8 mm asetusvälillä. Taikinan muotoilussa käytettiin pöytäjauhoa. Muotoillut taikinapalat asetettiin rasvattuihin (Keiju Vuokaspray, Bunge Finland Oy) alumiinisiin paistovuokiin (Italo Ottinetti 18, Italia). Paistovuokan koko oli 15 x 5 cm pohjasta mitattuna, 18 x 8 cm yläreunasta mitattuna ja 5 cm korkeudeltaan mitattuna. Taikinan käsittelyyn eli paloitteluun ja muotoiluun käytettiin aikaa enintään 30 min.

Muotoilun jälkeen leivät nostatettiin vaihtolämpökaapissa (Lillnord Topline 930, Tanska) 45 min ajan 35 °C:ssa ja RH 75 %:ssa. Nostatuksen jälkeen leivät paistettiin kiertoilmauunissa (Sveba Dahlen S400, Ruotsi) 15 min ajan 200 °C:ssa. Paiston alussa leipiä höyrytettiin 15 sekuntia. Paiston jälkeen leivät jäähdytettiin 60 min huoneenlämmössä. Jäähdytyksen jälkeen leivät punnittiin ja pakattiin 2 l polyeteenipusseihin (Minigrip, Amerplast Ltd., Suomi). Pakkauksen jälkeen leivät pikapakastettiin -30 °C:ssa 60 min ajan, jonka jälkeen leivät säilytettiin pakastimessa -20 °C:ssa ennen aistinvaraisia arviointeja.



Kuva 2. Koeleivonnan työvaihteet prosessikaaviona raaka-aineiden punnituksesta leipien säilytykseen pakastimessa.

2.3 Instrumentaaliset leivän laadun mittaukset

Tyypillinen paistohäviö vehnäleivälle on 12 % (Salovaara ym. 2017). Leipien paistohäviö määritettiin laskennallisesti analyysivaa'an punnitustuloksista vähentämällä taikinapalan painosta (g) jäähtyneen leivän painon (g) ja jakamalla tuloksen taikinapalan painolla (g) kaavan 2 mukaisesti. Keskiarvotulokset jokaiselle tutkittavalle näytteelle laskettiin koko koeleivontaerän näytteistä ($10 \times 3 = 30$).

$$\text{paistohäviö (\%)} = \frac{\text{taikinapalan paino (g)} - \text{jäähtyneen leivän paino (g)}}{\text{taikinapalan paino (g)}} \times 100 \quad (2)$$

Leivontoja seuraavina päivinä mitattiin leipänäytteiden tilavuus laserskannerilla (VolScan Profiler 300, Stable Micro System, Iso-Britannia). Keskiarvotulokset jokaiselle tutkittavalle näytteelle laskettiin satunnaisesti valituista kolmesta kolmen eri GDA tutkimuksen koeleivontaerän näytteestä ($3 \times 3 = 9$). Tilavuuksien keskiarvoista määritettiin laskennallinen ominaistilavuus (ml/g) kolmelle koeleivontaerän leipänäytteelle ja näistä laskettiin koko koeleivontaerän ominaistilavuuksien keskiarvot ja keskiarvojen keskihajonnat.

Näytteiden normaalisuus varmistettiin ennen näytteiden tilastollista tarkastelua parametrisilla menetelmillä. Tulosten tilastollinen merkitsevyys määritettiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (engl. analysis of variance, ANOVA) SPSS Statistics 25 -ohjelmistolla (IBM SPSS Inc., Yhdysvallat). Näytteiden välisiä tilastollisia eroja tarkasteltiin Tukeyn testillä ($p < 0,05$).

Leipänäytteet kuvattiin Canon EOS 400 D järjestelmäkameralla valokaapissa (Verivide CAC 120-5 B, Iso-Britannia) keinotekoisella luonnonvalo D50 valaistuksella. Vuokaleipä halkaistiin keskeltä ja leivän puolikkaat kuvattiin vierekkäin siten, että vasemmalla oli leivän sisuksen leikkauspinta ja oikealla puolitetun leivän sivuprofiili kuvattuna. Kokonaisen vuokaleivän toisesta puolikkaasta leikattiin 1 cm viipale, jonka sisuksen leikkauspinta valokuvattiin senttimetripaperilla.

2.4 Aistinvaraisen arvioinnin esikokeet

Esikokeisiin sisältyi esikoeleivontoja sekä esiraadin ($n = 3$) aistinvaraista havainnointia. Esikoeresepteissä vähennettiin kontrollileivän suolaa (1,7 % j.p:sta. lisättyä suolaa) asteittain 10 % sarjoina ja korvattiin lisätyn suolan vähennys maitopohjaisilla DEMI- ja MPC60-jauheiden

mineraaleilla. Esikoeleivonnoissa määritettiin aistinvaraisilta leivontaominaisuuksiltaan soveltuvat reseptit GDA ja kuluttajatutkimukseen.

Esikokeissa todettiin mahdolliseksi korvata suolaa ja vehnä jauhoa enintään 70 ja 80 % lisätystä suolasta DEMI- ja MPC60-jauheilla. Korkeammilla suolan korvauspitoisuuksilla taikinan aistinvaraisesti havaittavat leivontaominaisuudet heikkenivät merkittävästi eikä taikinan muotoilu ollut mahdollista. Esiraati tarkasteli ja havainnoi eri esikoenäytteiden aistinvaraisia eroja, joiden tuloksena valittiin varsinaiseen tutkimukseen soveltuvat näytteet. Esiraadin esikoenäytteiden tarkastelut suoritettiin kolmena eri ajankohtana esikoeleivontoja seuraavana päivänä tuoreista vehnäleivistä. Esiraadin havaintojen tuloksena todettiin, etteivät esikoenäytteiden leivät eronneet selkeästi toisistaan ja että ne olivat mauiltaan hyvin samankaltaisia. Selkein esikoeleipien välillä havaittu ero oli kuoren värin tummuus. Tulosten perusteella GDA tutkimukseen valittiin leivontaominaisuuksiltaan hyväksyttävät kontrollileipä S100, maitopohjaisilla jauheilla korvatut näytteet S70D30, S70M30, S50D50 ja S50M50 sekä vähäsuolainen kontrollileipä S50. Esikoeleipien ja tutkimusnäytteiden valmistusreseptit erosivat kontrollileivän suolapitoisuudelta. Esikoe resepteissä korvattiin suolaa kontrollileivän reseptistä, joka sisälsi 1,7 % j.p:sta suolaa, kun taas varsinaisissa tutkimusnäytteissä suolapitoisuuden lähtötasona oli 1,6 % j.p:sta suolaa. Matalampi lähtösuolapitoisuus valittiin, jotta laskennallinen vehnäleivän kokonaissuolapitoisuus huomioiden kaikki suolan lähteet ja paistohäviön olisi 1,10 g/100 g eli suomalaisten leipien keskimääräistä suolapitoisuutta vastaava pitoisuus (Lehto ja Tikkanen 2007).

2.5 Aistinvarainen tutkimus

Aistinvaraiset tutkimukset suoritettiin Helsingin yliopistolla Viikin kampuksen aistinvaraisessa tutkimuslaboratoriossa. Aistinvarainen tutkimus muodostui kahdesta osatutkimuksesta GDA ja kuluttajatutkimuksesta.

Koulutettu raati arvioi leipänäytteiden aistinvaraisten ominaisuuksien eroja yleisen kuvailevan menetelmän avulla. Ensimmäisen osatutkimuksen tavoitteena oli määrittää suolaa korvaavien DEMI- ja MPC60-jauheiden vaikutus vehnäleivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja suolaisuuteen. Kuvailevan menetelmä koulutus ja arvioinnit suoritettiin neljän päivän aikana.

GDA tutkimuksen tulosten perusteella valittiin kuluttajatutkimuksen näytteet. Kuluttajatutkimuksen tavoitteena oli määrittää DEMI- ja MPC60-jauheiden vaikutus leivän aistinvaraiseen miellyttävyyteen. Kuluttajatutkimus suoritettiin yhden päivän aikana.

2.5.1 Aistinvarainen yleinen kuvaileva menetelmä

Aistinvarainen GDA tutkimusmenetelmä on paljon Helsingin yliopistolla toteutetuissa tutkimuksissa käytetty menetelmä (Timonen 2019, Varis 2017, Mononen 2010). Menetelmä valittiin, koska haluttiin kartoittaa laajasti kahden eri maitopohjaisen jauheen vaikutusta normaalisuolaisen vehnäleivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Tutkimus toteutettiin yleisen kuvailevan menetelmän periaatteiden mukaisesti (Roininen ym. 2008, Lawless ja Heymann 2010a).

Raadin koulutus

GDA tutkimukseen kutsuttiin mukaan elintarvike- ja ravitsemustieteiden opiskelijoita. Koulutetun raadin koko oli 11 henkilöä, mikä on riittävä määrä kuvailevan menetelmän tulosten luotettavuuden kannalta (Roininen ym. 2008). Raatilaiset saivat kiitokseksi osallistumisestaan Valion tarjoaman tuotekassin.

Ennen tutkimuksen aloittamista raatilaiset antoivat suostumuksena tutkimukseen täyttämällä liitteissä 2. esitetyn suostumuslomakkeen. Raadin ensimmäisellä koulutuskerralla toteutettiin sanaston luonti ja perusmakutesti. Aluksi arvioijat tutustuivat kolmeen esikokeissa valmistettuun esikoenäytteeseen (S100, D60 ja M60) itsenäisesti arviointikopeissa. Arvioijat kirjasivat ylös tarkasteltavia näytteitä erottelevia ominaisuuksia ulkonäön, hajun, rakenteen ja maun suhteen sekä havainnot sivumauista. Arvioinnin jälkeen raati kokoontui keskustelemaan havainnoistaan. Raati loi havaintojen pohjalta yhteisymmärryksessä näytteitä kuvaavan alustavan sanaston, jonka jälkeen raati suoritti perusmakutestin.

Raadin koulutuksen osana järjestettiin perusmakutesti ASTM-standardin mukaisesti (ASTM 1981). Perusmakuliusten esitysjärjestys satunnaistettiin ja näytteet koodattiin kolminumeroisin satunnaisluvin. Perusmakujen lisäksi esitettiin tyhjänä makuna vesiliuos ja perusmaun suolaisuuden toistona suolaliuos. Raadin jäseniksi hyväksyttiin arvioijat, jotka tunnistivat vähintään kuusi seitsemästä perusmakutestin luoksesta oikein.

Raadin toisella koulutuskerralla raati valitsi yhteisymmärryksessä referenssinäytteet, asteikoin sanalliset ankkurit ja valittujen ominaisuuksien arviointijärjestyksen. Lisäksi raati karsi alustavan sanaston luonnissa valittuja ominaisuuksia viidestätoista ominaisuudesta seitsemään. Raadille esitettiin seitsemän erilaista referenssinäytettä: Teknos väriarviointikartta, 10 % jauho-vesiseos, 10 % hiiva-vesiseos, suolaton vehnäleipä rS0 = H, voimakassuolainen vehnäleipä rS130 = P, voimakkaat maitomineraalileivät rS30D70 = T ja rS30M70. Raati valitsi osan referensseistä ankkuroimaan arviointiasteikon ääripäitä ”ei lainkaan” ja ”erittäin voimakas” vakioimaan arviointiasteikon käyttöä. Raadin valitsemien ominaisuuksien määritelmät, arviointiohjeet, ankkurit ja referenssit on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Vehnäleivän GDA tutkimuksen ominaisuudet, määritelmät ja arviointiasteikon ankkureiden referenssit.

Ominaisuus	Sanallinen määritelmä & arviointiohje	Ankkurit & referenssit
HAJU		
Paahteisuus (kuori)	Kuoresta haistamalla havaittava paahteinen haju	0 ei lainkaan, T = 10 erittäin voimakas
RAKENNE		
Karheus (sisus)	Kahdella sormella sisuksesta kevyesti painamalla ja hieromalla havaittava karheus	P = 0 ei lainkaan, T = 10 erittäin voimakas
MAKU & SUUTUNTUMA		
Kuivuus (sisus)	Suussa havaittava kosteuden puuttuminen eli kuivuus	0 ei lainkaan, T = 10 erittäin voimakas
Suolaisuus (sisus)	Perusmaku suolaisuus	H = 0 ei lainkaan, P = 10 erittäin voimakas
Kokonaismaun voimakkuus (sisus)	Kokonaisvaltainen maun voimakkuus	H = 0 ei lainkaan, 10 erittäin voimakas
Sivumaun voimakkuus (sisus)	Sivumaun voimakkuus	0 = ei lainkaan, 10 erittäin voimakas
ULKONÄKÖ		
Värin tummuus (kuori)	Kuoren värin voimakkuus arvioiden puolikkaan leivän pääläestä	0 ei lainkaan, 10 erittäin voimakas 1 = vaalea väri kartassa 5 = oranssi väri kartassa 10 = tumman ruskea väri kartassa

Raadin vetäjä johdatteli raatia kuvailevamaan havaitsemiaan ominaisuuksia kirjallisuudessa ja tutkimuksissa esiintyvillä tyypillisillä vehnäleivän aistinvaraisilla ominaisuuksilla, joissa suolaa on vähennetty tai leipiin lisätty maitopohjaisia tuotteita (Raffo ym. 2018, Wronkowska ym. 2015, Lynch ym. 2009). Liitteissä 3. on esitetty kooste edellä mainittujen tutkimusten aistinvaraisesta sanastosta. Kirjallisuudesta ei löytynyt tutkimuksia, joissa olisi esitetty referenssinäytteitä vehnäleipänäytteille vaan ainoastaan tutkimuksia joissa oli käytetty sanallisia määritelmiä (Lynch ym 2009, Callejo 2011, Antúnez ym. 2018).

Näytteiden koodaus ja esittäminen

Tutkittavat näytteet satunnaistettiin kolminumeroisin satunnaisluvin. Näytesarjan näytteet esitettiin arvioijille yhtäaikaaisesti. Näytesarjan esitysjärjestys oli satunnaistettu arvioijien kesken ja sarjojen välillä minimoiden esitysjärjestyksestä johtuvat aikajärjestys-, ennakointi- ja vastakohtavaikutusvirheet.

Näytteet sulatettiin huoneenlämmössä 18 h ennen aistinvaraista arviointia ja leikattiin 1 cm viipaleiksi 2 h ennen arviointeja. Näytteet leikattiin viipaleiksi vasta arviointipäivänä, jotta näytteiden kuivuminen olisi mahdollisimman vähäistä. Jokaista arvioitavaa näytettä tarjoiltiin kaksi kappaletta suljetuissa muovirasiassa kuivumisen estämiseksi (Varis 2017, Salovaara 1982a). Referenssinäytteitä annettiin jokaisella arvioijalle yksi kappale suljetussa muovirasiassa arviointikoppiin mukaan otettavaksi. Näytetarjottimella oli arvioijanumero, tutkittavat näytteet, vesilasi, lautasliina, kynä ja väriarviointilomake.

Näytteiden nieleminen oli suotavaa, jotta saatiin retronasaalisen hajun vaikutus kokonaismaun voimakkuuteen. Näytteiden välissä arvioijia ohjeistettiin huuhtelemaan suu vedellä. Arviointikopeissa käytettiin punaista värivaloa minimoimaan väri vaihtelun vaikutus muiden kuin väriominaisuuksien arviointiin. Näytteiden väri arvioitiin viimeisenä erillisessä arviointitilassa kaikille arvioijille yhteisistä puolitetuista kokonaisista leipänäytteistä. Väriarvioinnin tulokset kirjattiin paperille ja arvioijaa ohjeistettiin siirtämään tulokset tietokoneelle, jolloin aikaisempiin arviointituloksiin palaaminen oli estetty.

Raadin arvioinnit

Riittävän koulutuksen jälkeen koulutetun raadin jäsenet arvioivat tutkittavat näytteet S100, S70D30, S70M30, S50, S50M50, S50D50 valittujen ominaisuuksien osalta. Jokainen arvioija arvioi näytesarjat yhteensä neljä kertaa kahtena eri päivänä. Ensimmäisen päivän arvioinnit suoritettiin koeleivontaerän A näytteistä näytesarjojen toistoina ja toisena päivänä koeleivontaerän B näytteistä näytesarjojen toistoina (arvioinnit 11*koeleivontaerä 2*toisto 2). Koeleivontaerien A ja B toistonäytesarjojen arviointien välillä pidettiin vähintään 15 min tauko.

Arvioinnit suoritettiin itsenäisesti arviointikopeissa. Arviointitulokset kirjattiin sähköiselle arviointilomakkeelle FIZZ Network -tietokoneohjelmalla (Fizz Acquisition 2.47, Biosystemes, Ranska). Asteikko oli strukturoimaton 10 cm jana-asteikko, jonka päät olivat ”ei lainkaan

voimakas” ja ”erittäin voimakas”. Arviointilomakkeen pohja on esitetty liitteessä 4. Arvioijan apuna arviointikopeissa oli ominaisuuksien määritelmät ja arviointiohjeet. Haju-, rakenne-, suutuntuma- ja makuominaisuuksien arvioinnit suoritettiin arviointikopissa punaisen värivalon palaessa ja värin arviointi erillisessä väriarviointilassa. Arviointikopin ja väriarviointipisteen arviointikerran näytesarjan asetelma on esitetty kuvassa 3. Näytteiden arvioitavien ominaisuuksien lisäksi arvioijia pyydettiin kirjaamaan kaikki lisähavainnot erityisesti sivumauista avoimeen kommenttikenttään.



Kuva 3. Vasemmalla kuvassa näytesarjan tarjoiluasetelma arviointikopissa ja oikealla kuvassa näytesarjan asetelma väriarviointipisteellä.

Tulosten tilastollinen käsittely

Näytteiden ominaisuuksien voimakkuuksien tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet (engl. standard error of mean, SEM) Microsoft Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelmalla. Tuloksia tarkasteltiin tilastollisesti SPSS-ohjelmistolla (IBM SPSS Statistics 25). Tilastollinen tarkastelu lisää tulosten luotettavuutta ja merkitsevyyttä (Roininen ym. 2008).

Tulosten normaalijakautuneisuus tutkittiin ennen parametrisen yksisuuntaisen varianssianalyysin suorittamista. Normaalijakaumasta poikkeavien ominaisuuksien normalisuus tarkastetaan vielä kuvaajista, jonka perusteella voidaan hyväksyä tai hylätä parametrisen tarkastelu poikkeaman suuruudesta riippuen.

Näytteiden ominaisuuksien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0,05$) tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä. Näytteiden tutkituista ominaisuuksien keskiarvoista, keskiarvojen keskivirheistä ja tilastollisesti merkitsevistä eroista yhdistettiin visuaalinen pylväsdiagrammikuvaaja.

Koeleivontaerien A sekä B ja näytesarjojen toistomittausten tilastollista merkitsevyyttä ($p < 0,05$) tutkittiin toistomittausten varianssianalyysin avulla (engl. repeated measure **analyse of variance**, repeated measure ANOVA). Toistomittausten varianssianalyysin tulosten avulla tutkittiin raadin sekä näytteiden erojen luotettavuutta ja yhdenmukaisuutta. Tutkittujen leipien aistinvaraisten ominaisuuksien voimakkuuksista muodostettiin pääkomponenttianalyysikuvaaja (engl. principal component analyse, PCA-kuvaaja) Unscrambler X 10.5.1-ohjelmalla.

2.5.2 Kuluttajatutkimus

Kuluttajatutkimuksen raati ($n = 88$) muodostui Helsingin yliopisto Viikin kampuksen henkilökunnasta ja opiskelijoista. Raatilaisia kutsuttiin mukaan yliopiston sähköpostijakelulistoilla ja visuaalisilla posterimainoksilla. Kuluttajia motivoitiin osallistumaan Valion tarjoamalla tuotepalkkiolla ja kahvilla. Ennen tutkimukseen osallistumista raatilaiset allekirjoittivat suostumuslomakkeen (liite 5).

Kuluttajatutkimuksessa arvioitiin neljän leipänäytteen S100, S70D430, S70M30 ja S50M50 miellyttävyyttä. Näytteet valittiin GDA tulosten perusteella näytteistä, joiden suolaisuus ja makuominaisuudet olivat lähellä kontrollileivän S100 ominaisuuksia. Leivät leikattiin 1 cm paksuisiksi viipaleiksi, joita jokaiselle arvioijalle tarjottiin yksi kappale suljetussa muovirasiassa. Näytteiden arviointiolosuhteet, koejärjestelyt ja yleisohjeet eivät eronneet GDA:sta muuten kuin, että näytteet esitettiin valkoisen värivalon alla, jotta värin vaikutus voitiin huomioida ulkonäön arvioinnissa.

Arvioinnit suoritettiin sähköisesti FIZZ Network -tietokoneohjelmalla (Fizz Acquisition 2.47, Biosystemes, Ranska). Kuluttajatutkimuksessa kysyttiin näytteiden ulkonäön, maun, suolaisuuden, rakenteen ja kokonaisuuden miellyttävyyttä. Miellyttävyyttä arvioitiin 9-portaisella päästään ja keskeltä sanallisesti strukturoidulla asteikolla, jossa 1 = ”erittäin epämiellyttävä”, 5 = ei miellyttävä eikä epämiellyttävä” ja 9 = ”erittäin miellyttävä”. Lisäksi kuluttajia pyydettiin valitsemaan 10 adjektiivin luettelosta näytteitä kuvaavat termit (engl.

check-all-that-apply, CATA). CATA-vaihtoehtoina oli makea, suolainen, hapan, karvas, mauton, juustoinen, paahtunut, metallinen, umami ja viljainen. Lisäksi kuluttajia pyydettiin asettamaan arvioidut näytteet miellyttävyyssjärjestykseen. Arvioinnin lopussa kuluttajilta kysyttiin ikää, sukupuolta, kansalaisuutta ja taustakysymyksiä. Kuluttajilta kysyttiin ”kuinka usein kulutat vehnäleipää”, ”kuinka usein kulutat muuta leipää (esim. ruis-, kaura-, ja muu leipä”, ”pidätkö tärkeänä suolan käytön vähentämistä”, ”valitsetko leivän pakkausmerkinnän ’vähemmän suolaa’ tai ’suolaa vähennetty’ perusteella”. Taulukossa 7 on esitetty kuluttajatutkimuksen kysymykset ja asteikot lukuun ottamatta CATA-adjektiiveja.

Taulukko 7. Kuluttajatutkimuksen miellyttävyyden, demografisten sekä taustakysymysten vastausvaihtoehdot ja arviointiasteikot.

	Arvioitava ominaisuus tai taustakysymys	Asteikko
Miellyttävyys	Ulkonäön miellyttävyys	1 = erittäin epämiellyttävä
	Maun miellyttävyys	5 = ei miellyttävä eikä epämiellyttävä
	Suolaisuuden miellyttävyys	9 = erittäin miellyttävä
	Rakenteen miellyttävyys	
	Kokonaismiellyttävyys	
Demografiset kysymykset	Ikä (vapaana lukuna ja jälkikäteen ikäryhmiksi muutettuna)	1 = alle 19-vuotias tai 19-vuotias 2 = 20–29-vuotias 3 = 30–39-vuotias 4 = 40–49-vuotias 5 = yli 50-vuotias tai 50-vuotias
	Sukupuoli	1 = nainen 2 = mies 3 = muu
	Kansalaisuus	1 = suomalainen 2 = EU 3 = muu
Taustakysymykset	Vehnäleivän kulutus	1 = päivittäin
	Muun leivän kulutus (esim. ruis-, kaura- ja muu leipä)	2 = 1–2 x viikossa 3 = viikoittain 4 = kuukausittain 5 = harvemmin 6 = ei lainkaan
	”Pidätkö tärkeänä suolan käytön vähentämistä?”	1 = en pidä 2 = hieman 3 = pidän
	”Valitsetko leivän pakkausmerkinnän ”sisältää vähemmän suolaa” tai ”suolaa vähennetty” perusteella?”	1 = en 2 = kyllä

Kuluttajatutkimuksen miellyttävyyden tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet SPSS-ohjelmistolla (IBM SPSS Statistics 25) ja piirrettiin kuvaajat Microsoft Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelmalla. CATA-kyselyn tuloksista laskettiin frekvenssijakaumat Microsoft Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelmalla. Keskiarvotuloksia

tarkasteltiin tilastollisesti SPSS-ohjelmistolla (IBM SPSS Statistics 25) käyttäen yksisuuntaista varianssianalyysiä ja Tukeyn testiä.

3 TULOKSET

3.2 Leivän laatuominaisuudet

3.2.1 Leivontaominaisuudet

Tutkimusnäytteiden koeleivonnoissa havaittiin aistinvaraisesti havaittavia eroja tutkimusnäytteiden taikinoiden käsittelyominaisuuksissa.

Kontrollileivän S100 sekoitettu taikina oli sileä ja helposti taikina kulhosta irtoava kiinteä taikinapallo, kuten myös vähäsuolainen S50 taikina. DEMI-jauheen lisääminen reseptiin korvaamalla osan kontrollin suolasta ja vehnä jauhosta teki taikinan pinnasta rosoista ja tarttuvaa, mikä lisääntyi korvaavan osuuden kasvaessa. MPC60-jauheella saatiin eri pitoisuuksissa toisistaan eroavia taikinoita. S70M30 taikina oli tarttuvaa ja löysää kun taas S50M50 taikina muistutti ominaisuuksiltaan kontrollileipää, mutta kiinteämpänä.

Taikinan muotoilussa kontrollileipä S100 ja S50 olivat tutkimusnäytteistä hyvin helposti ilman pöytä jauhoa muotoituvia ja venytystä kestäviä. DEMI- ja MPC60-jauhetta sisältävät näytteet eivät olleet yhtä venyviä kuin S100 ja S50 näytteet, mikä havaittiin taikinan murtumisena. DEMI-jauheella suolaa korvatut näytteet S70D30 ja S50D50 vaativat paljon pöytä jauhoa taikinan tarttuvuuden ja löysyyden vuoksi. Molemmat MPC60-näytteet olivat taikinan ominaisuuksiltaan venyvämpiä kuin DEMI-näytteet. MPC60-jauheella suolaa korvatuista näytteistä S70M30 vaati enemmän pöytä jauhon käyttöä kuin S50M50 näyte.

3.2.1 Ominaistilavuus ja paistohäviö

Tutkimusnäytteiden S100, S70D30, S70M30, S50D50, S50M50 ja S50 ominaistilavuuden sekä paistohäviön keskiarvot ja keskiarvojen keskihajonnat on esitetty taulukossa 8. Tutkittujen koeleivontaerien leipien mitatut laatuominaisuudet olivat normaalijakauman mukaisia. Täten näytteiden tilastollista merkitsevyyttä voitiin tarkastella parametrisin menetelmin. Näytteiden paistohäviön ja ominaistilavuuksien tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (1-way ANOVA) ja Tukeyn testillä. Tukeyn testillä havaitut tilastollisesti

merkitsevät erot ($p < 0,05$) leipien välillä on merkitty erottelevin kirjaimin kunkin näytteen ja mitatun ominaisuuden keskiarvon jälkeen taulukossa 8.

Taulukko 8. Tutkittavien leipänäytteiden paistohäviöiden (% taikinan painosta) ja ominaistilavuuksien (ml/g) keskiarvot ja keskihajonnat määritettiin kolmen leivontaerän kolmesta rinksäilynäytteestä. Leipänäytteiden väliset tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) on ilmaistu keskiarvon jälkeisellä kirjaimella.

Näyte	Paistohäviö (%)		Ominaistilavuus (ml/g)	
	ka	kh	ka	kh
S100	11,92 a	$\pm 0,36$	4,48 a	$\pm 0,11$
S70D30	11,12 b	$\pm 0,58$	4,36 ab	$\pm 0,17$
S70M30	11,71 ac	$\pm 0,27$	4,31 b	$\pm 0,02$
S50	12,96 d	$\pm 0,36$	4,84 e	$\pm 0,08$
S50D50	10,79 b	$\pm 0,38$	3,96 c	$\pm 0,06$
S50M50	11,16 bc	$\pm 0,25$	4,16 d	$\pm 0,05$

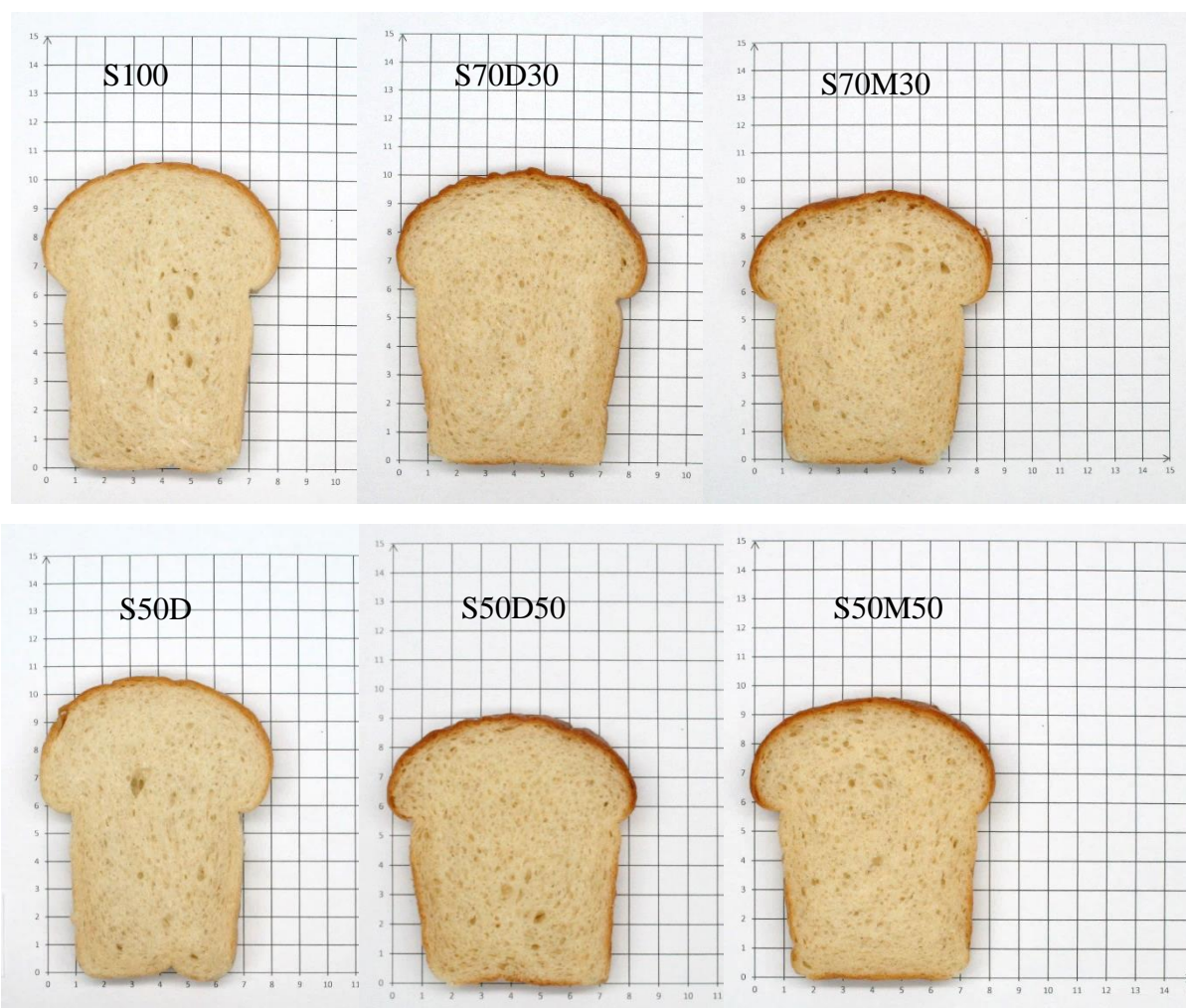
Paistohäviön ja ominaistilavuuden avulla voidaan seurata leivän laatuominaisuuksien muuttumista. Korkein paistohäviö 12,96 % havaittiin leivässä S50, kun taas toiseksi korkein paistohäviö 12,96 % havaittiin leivässä S50. Suolan korvaaminen DEMI- tai MPC60-jauheilla laski tilastollisesti merkitsevästi leipien paistohäviötä verrattaessa kontrolliin S100. DEMI-jauheella korvattujen leipien S70D30 ja S50D50 paistohäviö laski enemmän kuin MPC60-jauheella korvattujen leipien S70M30 ja S50M50 verrattaessa kontrollileipään S100.

Ominaistilavuus kertoo vehnäleivän rakenteen huokoisuudesta. Mitä korkeampi ominaistilavuus on, sitä suurempi on leivän sisuksen huokoisuus ja tilavuus. DEMI- ja MPC60-jauheilla suolaa korvattujen S50D50, S70M30 ja S50M50 näytteiden ominaistilavuus laski verrattaessa kontrollileivän S100 ominaistilavuuteen. DEMI-jauheella suolaa korvattujen näytteiden S70D30 ja S50D50 näytteiden välillä ominaistilavuus laski 0,4 ml/g kun taas MPC60-jauheilla korvattujen näytteiden S70M30 ja S50M50 näytteiden välillä ominaistilavuus laski vain 0,15 ml/g. Siten MPC60-jauheella oli vähäisempi vaikutus vehnäleivän ominaistilavuuteen. Pelkkä suolan vähentäminen nosti vähäsuolaisen S50 leivän ominaistilavuutta verrattaessa kontrollileipään S100.

3.2.2 Valokuvat

Tutkimusnäytteistä otettiin valokuvat 1 cm paksuisesta leipäviipaleesta taustana senttimetripaperi sekä puolitetusta kokonaisesta leipäviipaleesta mustalla taustalla. Kuvassa 4 on esitetty valokuvat leipäviipaleista vasemmalta oikealle ylemmässä rivissä S100, S70D30 ja S570M30 ja alemmassa rivissä S50, S50D50 ja S50M50 senttimetripaperia vasten. Leipäviipaleen huippukorkeudella tarkoitetaan viipaleen korkeinta kohtaa senttimetripaperilla

mitattuna valokuvasta. Leipäviipaleen huippukorkeudeltaan vähäsuolainen S50 näyte oli näytteistä kaikista korkein. Leipäviipaleiden huippukorkeus laski, kun suolaa korvattiin DEMI- ja MPC60-jauheilla. DEMI-jauheella 30 % suolaa korvattujen leipien huippukorkeus laski vähemmän kuin MPC60-jauheella. MPC60-jauheella 50 % suolaa korvattujen leipien huippukorkeus ei muuttunut 30 % korkeudesta, kun taas DEMI-jauheella huippukorkeus laski entisestään. Kuvista voidaan myös havaita DEMI- ja MPC60-jauheilla suolaa korvattujen leipien lakien epätasaisempi muoto verrattaessa S100 ja S50 leipänäytteisiin



Kuva 4. Vasemmalta oikealle ylhäältä alas kuvattuna S100, S70D30, S70M30, S50, S50D50 ja S50M50 leipänäytteiden poikkileikkauskuvat 1 cm leipäviipaleesta senttimetripaperilla.

Kuvassa 5 on esitetty tutkimusnäytteiden kuvat puolitetun leivän sisuksesta ja sivuprofiilista. Kokonaiskuvista tarkasteltuna todettiin leipänäytteiden olevan hyvin samankaltaisia ja havaittiin pieniä eroja sisuksen huokosten homogeenisyydessä, leivän laen muodossa ja kuoren

värissä. Näytteet S100 ja S50 olivat leivän laen muodoltaan homogeenisemmät ja kuoren väriltään vaaleammat kuin DEMI- ja MPC60 -jauheella suolaa korvatut näytteet.



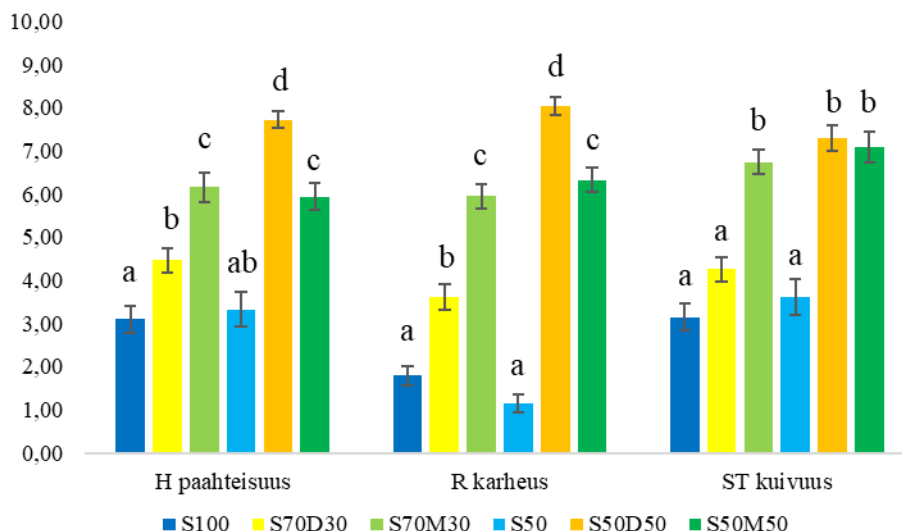
Kuva 5. Ylhäällä vasemmalta S100, S70D30 ja S70M30 ja alhaalla vasemmalta S50, S50D50 ja S50M50 leivän puolikkaan läpileikkaus- ja sivuprofiilikuvat.

3.3 Yleisen kuvailevan menetelmän tulokset

3.3.1 Keskiarvotulosten tilastollisesti merkitsevät erot

Yleisen kuvailevan menetelmällä arvioitujen vehnäleipänäytteiden ominaisuuksien keskiarvo- ja keskivirhetulokset kahdesta koeleivontaerästä ja kahdesta toistosta ($n = 11 \cdot 2 \cdot 2$) on esitetty kuvina 6 ja 7. Ennen tilastollista tarkastelua testattiin ominaisuuksien normaalisuus Shapiro-Wilkin testillä, jonka tulokset on esitetty liitteiden 7 taulukossa. Normaalisuudesta poikkeavia tuloksia tarkasteltiin kuvaajista, ja todettiin yksittäisten ja arvioijasta riippumattomien arviointipoikkeamien vaikuttavan tulosten normaalisuutteen. Siten tulosten tarkastelussa on käytetty parametrisiä menetelmiä, vaikka osa tutkittujen näytteiden ominaisuuksista ei ollut normaalisti jakautuneita.

Näytteiden väliset tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) on esitetty ominaisuuksittain erottelevin kirjaimin kuvien 6 ja 7 jokaista tutkimusnäytettä vastaavan pylvään yläpuolella. Kaikissa seitsemässä arvioidussa ominaisuudessa havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja.



Kuva 6. Vehnäleipien S100, S70D30, S70M30, S50, S50D50 ja S50M50 hajun paahteisuuden, rakenteen karheuden ja suutuntuman kuivuuden keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet. Näytteet, joilla on eri kirjain a, b, c tai d eroavat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) toisistaan tarkasteltavassa ominaisuudessa.

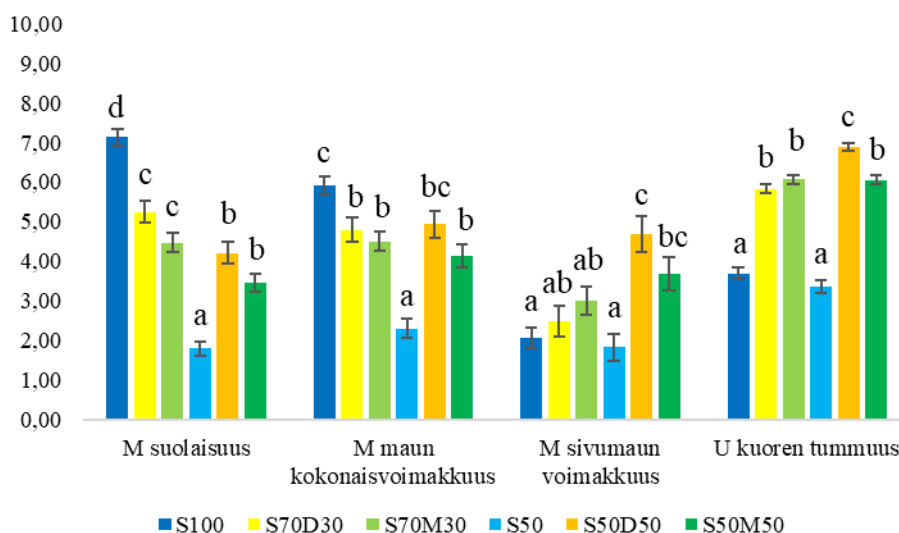
Vehnäleivän kuoren hajun paahteisuus kasvoi, kun suolaa korvattiin DEMI- ja MPC60-jauheilla. DEMI-jauheella korvattujen näytteiden hajun paahteisuus voimistui, kun jauheella korvattava suolan osuus kasvoi näytteiden S70D30 ja S50D50 välillä. MPC60-jauheella korvattujen S70M30 ja S50M50 näytteiden hajun paahteisuus ei eronnut toisistaan tilastollisesti merkitsevästi eli paahteisuus ei kasvanut MPC60-jauheen osuuden kasvaessa. S50 ja S100 näytteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Tulos osoitti, ettei pelkällä suolan vähentämisellä ollut vaikutusta leivän kuoren paahteisuuteen.

DEMI- ja MPC60-jauheita sisältävien vehnäleipien sisus oli karheampi kuin S100 kontrollileivän ja S50 leivän sisukset. Sisuksen karheus kasvoi merkittävästi DEMI-jauheen suolaa korvaavan osuuden kasvaessa S70D30 ja S50D50 näytteiden välillä. MPC60-jauheen pitoisuuden kasvulla ei ollut vaikutusta S70M30 ja S50M50 näytteiden väliseen karheuteen kuten DEMI-jauheella. Kontrollileivän S100 ja vähäsuolaisemman leivän S50 välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta kuvasta 6 voidaan havaita, että S100 arvioitiin hieman karheammaksi kuin S50.

Näytteiden erot ovat hyvin linjassa referensseiksi valittujen näytteiden kanssa. Suolaton leipä rS0 oli asteikon nollakohta ”ei lainkaan karhea”. Tuloksista voidaan havaita suolan määrän vaikuttavan hieman leivän sisuksen karheutta lisäävästi. DEMI-jauheella suolaa korvattu referenssileipä rS30D70 vastasi asteikon ääripäätä ”erittäin karheaa”. DEMI-jauheella

korvattujen leipien S70D30 ja S50D50 karheus kasvoi lineaarisesti suhteessa referenssinäytteen rS30D70 asteikon ääripään voimakkuuteen.

Sisuksen kuivuus arvioitiin suutuntumalla havaitun kuivuuden mukaan käyttäen asteikon ”erittäin kuiva” referenssinä rS70D30 näytettä. Kontrollileipä S100, vähäsuolainen leipä S50 ja näyte S70D30 arvioitiin kuivuudeltaan lähes yhtä voimakkaiksi, kun taas näytteet S70M30, S50D50 ja S50M50 arvioitiin kuivuudeltaan yhtä voimakkaiksi.



Kuva 7. Vehnäleipien S100, S70D30, S70M30, S50, S50D50 maun suolaisuuden, kokonaismaun voimakkuuden, sivumaun voimakkuuden ja kuoren tummuuden keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet. Näytteet, joilla on eri kirjain a, b, c tai d, eroavat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) toisistaan tarkasteltavassa ominaisuudessa.

Sisuksen maun suolaisuuden voimakkuus korkeimmasta suolapitoisuudesta (S100) pienimpään suolapitoisuuteen (S50). Siten leipien lisätyn suolan pitoisuuden vähentäminen havaittiin johdonmukaisesti aistinvaraisena suolaisuuden vähentymisenä. Tutkittavat näytteet S70D30 ja S70M30 sekä S50D50 ja S50M50 eivät eronneet tilastollisesti merkittävästi toisistaan suolaisuuden voimakkuudessa, vaikka DEMI-jauheella suolaa korvatut leivät arviotiin hieman suolaisimmiksi kuin MPC60-jauheella korvatut leivät. Tuloksista voidaan todeta, ettei mikään maitopohjaisilla jauheilla korvatuista näytteistä vastannut suolaisuudeltaan kontrollileivän S100 suolaisuutta. Tosin merkittävää oli havainto suolaisuuden voimakkuuden eroista vähäsuolaisen leivän S50 ja 50 % suolaa korvattujen näytteiden S50D50 sekä S50M50 välillä, vaikka näytteet sisältävät likimain yhtä paljon natriumia. Laskennallinen suolapitoisuuden ero vähäsuolaisen S50 ja maidon mineraaleilla korvattujen leipien välillä oli 0,07 g/100 g.

Sisuksen maun kokonaisvoimakkuudeltaan voimakkain leipä oli kontrollileipä S100, kun taas voimakkuudeltaan vähäisin leipä oli vähäsuolainen leipä S50. Maitopohjaisilla jauheilla suolaa korvattujen leipien S70D30, S70M30, S50D50 ja S50M50 maun kokonaisvoimakkuudet eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Tosin kontrollileivän S100 ja leivän S70D30 välillä ei havaittu maun voimakkuudessa tilastollisesti merkitsevää eroa.

Sisuksen sivumakujen keskiarvojen keskivirheet olivat arvioituista ominaisuuksista suurimmat, mikä voi olla merkki raadin yhdenmukaisuuden puuttumisesta. Näytteistä S50D50 oli sivumauiltaan voimakkain, mutta se ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi näytteestä S50M50. Näytteiden S100, S70D30, S70M30 ja S50 välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Sivumakuja havaittiin myös kontrollileivässä S100 ja vähäsuolaisessa leivässä S50, mikä voi olla seurausta termin yhteisymmärryksen puutteesta. Epäjohdonmukaista sivumaun tunnistamista tukivat avoimissa kommentteissa havaitut vaihtelevat sivumaut, jotka on esitetty liitteessä 6. Avoimien kommenttien perusteella raati ei tunnistanut selkeästi mineraaleille tyypillisiä sivumakuja kuten metallisuutta, karvautta ja pistävyyttä.

Kuoren värin tummuudessa oli tilastollisesti merkitseviä eroja jauheilla suolaa korvattujen ja lisättyä suolaa sisältävien S100 ja S50 näytteiden välillä. S50D50 arvioitiin kaikista näytteistä tummimmaksi. Näytteet S70D30, S70M30, S50M50 arvioitiin tilastollisesti merkitsevästi yhtä tummiksi. Kontrollileipä S100 ja vähäsuolainen leipä S50 arvioitiin värin voimakkuudeltaan lähes yhtäläisiksi ja väriltään tilastollisesti merkitsevästi vaaleammiksi kuin suolaa maitopohjaisilla jauheilla korvatuissa leipänäytteissä.

3.3.2 Toistomittausten varianssianalyysin tulokset

Taulukossa 9 on esitetty leipänäytteiden toistomittausten varianssianalyysin tulokset eli eri selittävien muuttujien pää- ja yhdysvaikutusten tilastollinen merkitsevyys. Tilastollisesti merkitsevien erojen todennäköisyys on ilmaistu taulukossa p-arvon jälkeen siten, että $p < 0,05$ = *, $p < 0,01$ = ** ja $p < 0,001$ = ***.

Taulukko 9. Toistomittausten varianssianalyysin tulokset tutkittavien näytteiden, toistojen ja leivontaerien päävaikutuksista niiden välisistä yhdysvaikutuksista.

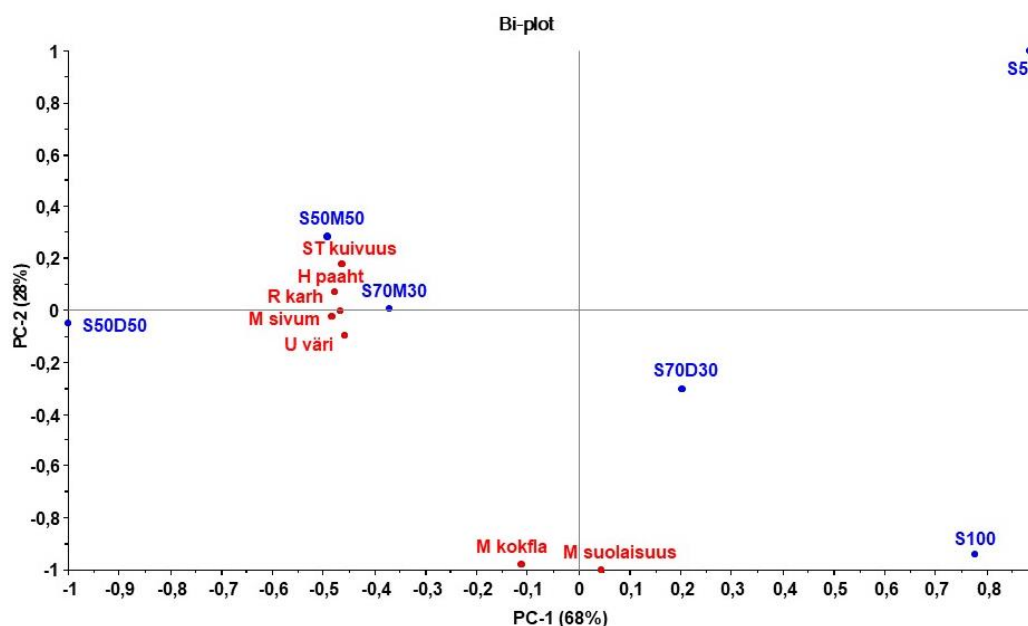
		H paahteisuus		R karheus		ST kuivuus			
	df;df _{error}	F	p	F	p	F	p		
Näyte	5;50	31,81	0,00***	83,29	0,00***	19,00	0,00***		
Toisto	1;10	0,03	0,86	5,17	0,05	0,28	0,61		
Leivontaerä	1;10	0,06	0,81	0,06	0,81	5,25	0,04*		
Näyte*toisto	5;50	1,63	0,17	0,95	0,46	0,89	0,49		
Näyte*leivontaerä	5;50	1,48	0,21	1,64	0,17	4,11	0,00**		
Toisto*leivontaerä	1;10	0,26	0,62	1,31	0,28	0,98	0,35		
Näyte*toisto*leivontaerä	5;50	1,27	0,29	3,75	0,01**	1,28	0,29		
		M suolaisuus		M kok flavori		M sivumaku		U väri	
	df;df _{error}	F	p	F	p	F	p	F	p
Näyte	5;50	51,75	0,00***	14,05	0,00***	5,07	0,00***	125,03	0,00***
Toisto	1;10	0,28	0,61	2,16	0,17	3,86	0,08	4,80	0,05
Leivontaerä	1;10	3,99	0,07	0,62	0,45	1,80	0,21	0,06	0,81
Näyte*toisto	5;50	0,46	0,80	1,53	0,20	0,90	0,49	10,26	0,00***
Näyte*leivontaerä	5;50	0,31	0,90	1,56	0,19	0,84	0,53	5,24	0,00***
Toisto*leivontaerä	1;10	1,06	0,33	5,40	0,04*	0,03	0,86	0,71	0,42
Näyte*toisto*leivontaerä	5;50	0,86	0,52	1,99	0,10	0,44	0,82	4,23	0,00**

Näytteen päävaikutus kertoo näytteiden käsittelyn välisistä eroista, jotka olivat kaikissa näytteiden arvioidussa ominaisuuksissa tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$). Tulos on linjassa yksisuuntaisen varianssianalyysin kanssa, jossa havaittiin myös vastaavat ominaisuuksien erot tutkimusnäytteiden S100, S70D30, S70M30, S50, S50D50 ja S50M50 välillä. Toiston ja leivontaerän päävaikutus kertoo ovatko tutkimusnäytteiden toistonäytteet samasta koeleivontaerästä ja kahdesta A ja B koeleivontaerästä tilastollisesti merkitsevästi eroavia. Leivontaerien päävaikutusta havaittiin sisuksen suutuntuman kuivuudessa ($p < 0,05$). Muut ominaisuudet eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi eroavia, mutta kuten taulukosta voidaan havaita myös toistojen päävaikutuksesta sisuksen karheuden ja sivumaun sekä leivontaerän suolaisuus ovat lähellä ollakseen tilastollisesti merkitsevästi eroavia ($p < 0,05$).

Näytteen ja toiston sekä näytteen ja leivontaerän yhdysvaikutus kuvastaa toiston ja leivontaerän arviointien yhdenmukaisuutta samoilla näytteillä eri arviointikerroilla. Toiston ja leivontaerän yhdysvaikutus taas kuvastaa arvioitiinko näytteet eri tavalla. Näytteiden ja toistojen välillä havaittiin yhdysvaikutusta ($p < 0,001$) kuoren värin tummuuden arvioinnissa. Lisäksi näytteiden ja leivontaerin välillä havaittiin yhdysvaikutusta sisuksen kuivuudessa ($p < 0,01$) ja kuoren värissä ($p < 0,001$). Muiden ominaisuuksien suhteen ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhdysvaikutuksia näytteen ja toiston sekä näytteen ja leivontaerän suhteen. Toistojen ja

leivontaerien välillä havaittiin yhdysvaikutusta vain lievästi kokonaismaun voimakkuudessa ($p < 0,05$). Lisäksi näytteiden, toistojen ja leivontojen yhdysvaikutusta havaittiin värin voimakkuuden arvioinnissa ($p < 0,001$). Yhdysvaikutusten vähäisyys osoittavat raadin arvioineen saman koeleivontaerän näytteet eri arviointikerroilla yhdenmukaisesti sekä eri koeleivontaerien olleen toisiinsa nähden vertailukelpoisia.

3.3.3 Pääkomponenttianalyysin tulokset



Kuva 8. Vehnäleipien S100, S70D30, S70M30, S50, S50D50 ja S50M50 GDA tutkimuksessa arvioitujen ominaisuuksien voimakkuuksien pääkomponenttianalyysin (PC1 ja PC2) keskiarvotuloksista muodostettu kuvaaja (11*2*2).

PCA-analyysin pohjalta piirretystä kuvasta 8 voidaan tarkastella aistinvaraisten keskiarvotulosten kokonaiskuvaa laajemmin. PCA-analyysin ensimmäisen tekijän (PC-1) selitysaste oli 68 % ja toisen tekijän (PC-2) selitysaste oli 28 %, jolloin ne yhteensä selittävät lähes koko ilmiön. Ominaisuuksista suolaisuus ja maun kokonaisflavori korreloivat keskenään, kun taas muut ominaisuudet sijoittuvat kauemmas kokonaisflavorista. Suolaisuus on siis tärkeä ominaisuus leivän kokonaisflavorin muodostumisessa. Kontrollileipää S100 ja DEMI-jauheella suolaa korvattua leipää S70D30 kuvasi parhaiten maun suolaisuus. MPC60-jauheella suolaa korvattuja leipiä S70M30 ja S50M50 kuvasi parhaiten suutuntuman kuivuus, hajun paahteisuus, rakenteen karheus ja sivumaun voimakkuus. Suolapitoisuudella on selkeästi vaikutusta

aistittuun suolaisuuteen, mikä on havaittavissa S100 ja S50 näytteiden etäisestä sijoittumisesta toisiinsa y-akselin suhteen. Maitopohjaiset jauheet ja erityisesti MPC60-jauhe vaikuttivat suutuntuman kuivuuteen, hajun paahteisuuteen, rakenteen karheuteen, kuoren väriin ja sivumaun voimakkuuteen verrattaessa kontrollileipään S100. Lähimpänä kontrollileipää sijoittui DEMI-jauheella suolaa korvattu leipä S70D30.

3.4 Kuluttajatutkimuksen tulokset

3.4.1 Kuluttajien tausta

Kuluttajatutkimuksen vastaajista ($n = 88$) 69 % oli naisia ja 31 % miehiä. Vastaajat olivat pääosin 94 % suomalaisia ja iältään nuoria. Vastaajien mediaani-ikä oli 25 vuotta ja iän keskihajonta oli 11 vuotta. Vastaajista muodostettiin viisi ikäluokkaa: alle tai 19-vuotias (11 %), 20–29-vuotias (63 %), 30–39-vuotias (10 %), 40–49-vuotias (8 %) ja yli tai 50-vuotias (8 %). 74 % osallistujista oli alle tai 29 vuotiaita.

Taulukko 10. Vehnäleivän ja muun leivän käyttöuseus ($n = 88$) %.

	Käyttöuseus (%)	
	Vehnäleipä	Muu
Päivittäin	2	65
1–2 x viikossa	25	17
Viikoittain	19	13
Kuukausittain	28	5
Harvemmin kuin kk	20	0
Ei lainkaan	5	1

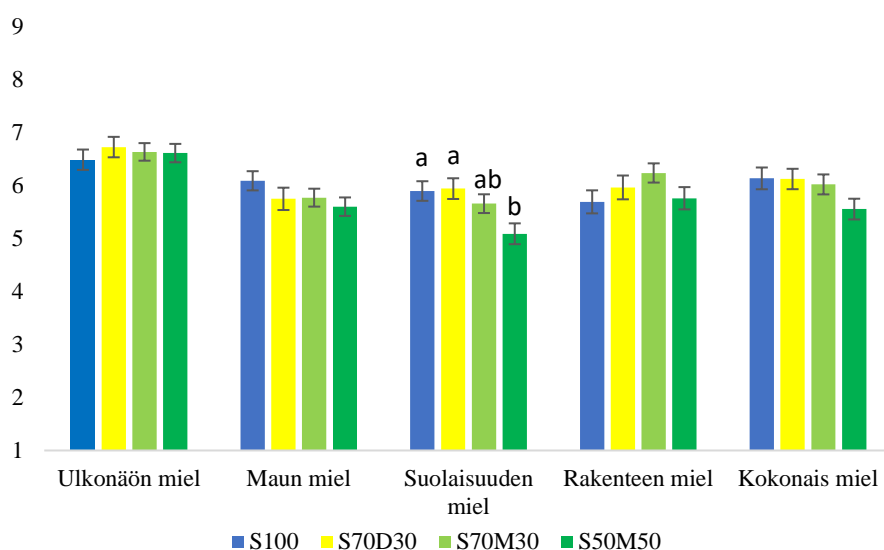
Taustakysymyksillä kartoitettiin vastaajien leivän kulutustottumuksia sekä kiinnostusta vähäsuolaisempaan ruokavalioon. Taulukossa 10 on esitetty kuluttajien vehnäleipien ja muiden leipien kuten ruis-, kaura- ja sekaleipien käyttöuseus. Vastaajien vehnäleivän käyttöuseus vaihteli luokkien ”1–2 kertaa viikossa” ja harvemmin kuin kerran kuukaudessa” välillä 20–28 %. Tuloksista voitiin havaita selkeä ero vehnäleivän ja muun leivän käytön välillä. Vastaajista 65 % vastasi kuluttavansa muuta leipää päivittäin muuta leipää. Vastaajista 10 % ei pitänyt lainkaan tärkeänä, 43 % piti hieman tärkeänä ja 47 % piti tärkeänä suolan käytön vähentämistä. Kuitenkin vastaajista vain 23 % valitsi leivän ”sisältää vähemmän suolaa” tai ”suolaa vähennetty” pakkausmerkinnän perusteella.

Yksisuuntaisella varianssianalyysillä ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä ($p < 0,05$) osallistujien arvioimiin ominaisuuksien miellyttävyyteen tai kokonaismiellyttävyyteen eri

demografisilla tekijöillä tai taustamuuttuja luokitteluilla. Tuloksia ei ole esitetty, koska niissä ei havaittu vaikutusta miellyttävyyden tuloksiin.

3.4.2 Vehnäleipien miellyttävyys ja CATA-ominaisuudet

Kuluttajatutkimukseen osallistujat arvioivat neljän näytteen S100, S70D30, S70M30 ja S50M50 ulkonäön, maun, suolaisuuden, rakenteen miellyttävyyttä sekä näytteiden kokonaismiellyttävyyttä. Kuvassa 9 on esitetty miellyttävyyksien keskiarvojen ja keskivirheiden tulokset pylväskuvaajana. Tulokset eivät olleet normaalisti jakautuneita, koska kuluttajilta ei voida olettaa käyttämään koko arviointiasteikon laajuutta, kun kyseessä on jokaisen mieltymyksestä riippuva arviointitulokset. Yleisten periaatteiden mukaan yksisuuntaista varianssianalyysiä voidaan käyttää miellyttävyytutkimuksissa, joissa on useampi kuin kaksi arvioitavaa näytettä (Lawless ja Heymann 2010c).



Kuva 9. Vehnäleipänäytteiden S100, S70D30, S70M30 ja S50M50 ulkonäön, maun, suolaisuuden, rakenteen ja kokonaismiellyttävyyden keskiarvotulokset ja keskiarvojen keskivirheet. Havaitut näytteiden väliset tilastollisesti merkitsevät ($p < 0,05$) erot on ilmaistu kirjaimin pylvään yläpuolella.

Leipänäytteiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ominaisuuksien miellyttävyyksissä ($p < 0,05$) paitsi suolaisuuden miellyttävyydessä. Leipänäytteet S100, S70D30 ja S70M30 sekä leipänäytteet S50M50 ja S70M30 olivat suolaisuuden miellyttävyydeltään tilastollisesti merkitsevästi yhdenvertaisia. Siten suolaisuuden miellyttävyydeltään vain S50M50 erosi tilastollisesti merkittävästi muista näytteistä.

Näytteiden ulkonäön, maun, ja rakenteen miellyttävyyksissä ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Kontrollileivän S100 verrattaessa DEMI- ja MPC60-jauheilla 30 % lisätystä suolasta korvaamalla voidaan vähentää vehnäleivän natriumpitoisuutta muutamatta vehnäleivän miellyttävyyttä. Lisäksi kontrollileivän S100 suolasta voidaan vähentää 50 % menettämättä leivän kokonaismiellyttävyyttä, ulkonäön, maun tai rakenteen miellyttävyyttä. Ylipäättään kaikkien näytteiden miellyttävyys arvioitiin keskiarvallisesti 5-6 välille lähellä asteikon keskikohtaa ”ei miellyttävä eikä epämiellyttävä”.

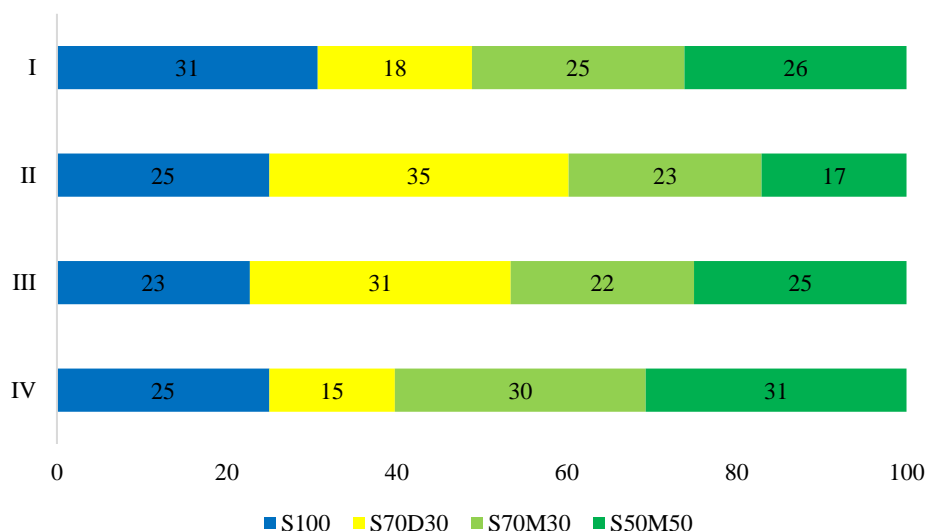
Mahdollisia muita muutoksia vehnäleivän maussa kartoitettiin vehnäleivän flavoria kuvaavien CATA-ominaisuuksien avulla. Vastaajien valitsemat CATA-ominaisuuksien prosentuaalinen frekvenssijakauma on esitetty taulukossa 11. Odotetusti näytteiden suolapitoisuuden vähentyessä suolaisuus valittiin harvemmin kuvaamaan vähäsuolaisempia leipiä. Lisäksi MPC60-jauheella suolaa korvattu leipä S50M50 kuvailtiin 60 % mauttomaksi, kun taas S70M30 kuvailtiin vain 44 % mauttomaksi. Kuitenkin kontrollileipää kuvailtiin 45 % mauttomaksi, jolloin 30 % suolan vähentämisellä ei ole ollut merkittävää vaikutusta leivän mauttomuuteen. Suolan asteittaisella korvaamisella ei ole selkeitä kumuloituvia vehnäleivän flavoriominaisuuksien muutoksia CATA-tulosten perusteella.

Taulukko 11. Näytteiden S100, S70D30, S70M30 ja S50M50 CATA-ominaisuuksien frekvenssijakaumat %.

	S100	S70D30	S70M30	S50M50
Makea	19	27	34	20
Suolainen	49	38	32	20
Hapan	16	14	16	17
Karvas	9	5	8	8
Mauton	45	39	44	61
Juustoinen	19	22	18	17
Paahtunut	6	13	11	7
Metallinen	8	3	6	8
Umami	9	13	3	2
Viljainen	41	51	49	53

Kuvassa 10 on esitetty miellyttävyyssjärjestyksen tulokset prosentteina miellyttävimmistä (I) vähiten miellyttävimpään näytteeseen (IV). Kuten kuvasta voidaan havaita, mikään näytteistä ei ollut ylivoimaisesti miellyttävin tai vähiten miellyttävä vaan tutkittavat näytteet asetettiin miellyttävyydeltään vaihtelevaan järjestykseen. Siten kuluttajilla ei ollut selkeää mieltymystä tiettyyn näytteeseen, mikä on merkki näytteiden samankaltaisesta miellyttävyydestä. Havaintoa

tukee myös arviointiasteikolla tutkittu kokonaismiellyttävyyden pieni vaihtelu näytteiden välillä.



Kuva 10. Näytteiden S100, S70D30, S70M30 ja S50M50 miellyttävyyden frekvenssijakaumien % osuudet pidetyimmistä (I) vähiten pidettyyn (IV) näytteeseen.

4 POHDINTA

4.1 Tulosten luotettavuus

4.1.1 Leipänäytteiden tasalaatuisuus

Leipänäytteiden valmistuksessa pyrittiin valmistamaan yhdenmukaisia näytteitä kontrolloimalla valmistusprosessin olosuhteita. Taikinan optimaalinen tavoitelämpötila on 26–28 °C, jotta taikinan käsiteltävyys ja fermentaation tulos on optimaalisimmillaan (Salovaara 2017). Taikinan tavoitelämpötila 26 ± 1 °C toteutui jokaiselle tutkitulle koeleivontaerälle, vaikka prosessilaboratorion olosuhteet vaihtelivat välillä 23–27 °C. Taikinan tavoitelämpötila saavutettiin muuttamalla taikinaan lisätyn veden lämpötilaa huoneen lämpötilasta riippuen.

Prosessointiolosuhteiden tarkkailusta huolimatta havaittiin vehnäleipien muodossa ja sisuksen huokosten kokojakaumassa epätasalaatuisuutta. Luontaista vaihtelua leipien muotoon muodostui taikinapalojen pyöröriivauksesta käsin. Pyöröriivauksessa taikinan sitkoproteiinit järjestäytyvät taikinapallon pinnassa leivän muotoa ylläpitäväksi samalla kun osa ilmakuplista rikkoutuu (Salovaara 2017). Pyöröriivauksen epätasalaatuinen tulos havaittiin leipien sisälle jääneistä suurista ilmakuplista ja kuoresta, joka oli osittain irronnut leivän sisuksesta

ilmakuplien laajentuessa uuninousun aikana. Leipänäytteiden muodon vaihtelua vähennettiin jättämällä aistivaraisten arviointien ulkopuolelle näytteet, joissa oli selkeä koko ero tai huokoskokojakauma. Lisäksi leipien pakastuksessa havaittiin vaihtelua ja osaan leivistä oli muodostunut pakkaskuivuneita kohtia riippuen säilytyssijainnista. Tasalaatuisuuden varmistamiseksi selkeästi kuivuneet näytteet poistettiin aistinvaraiseen arviointiin valittavista näytteistä. Leipien epätasalaatuisuuksien merkitsevyyttä halittiin myös teettämällä aistinvaraiset tutkimukset kahden koeleivontaerän toistona.

4.1.2 Instrumentaalisten mittausten luotettavuus

Tutkimuksessa käytettiin farinografia vehnäjauhon vedensidontakyvyn määrittämiseen AACC:n yleisen standardimenetelmän mukaisesti 54.21.01 (AACC 1994b). Poiketen standardista vehnäjauhoon lisättiin suolaa samassa suhteessa kuin kontrollileivän S100 reseptiin. Farinografimittauksen tuloksen perusteella valittiin tutkittaville näytteille vakio vesipitoisuus. Farinografimittauksen tulos ei vastannut tutkimuksessa käytetyn vehnäjauhon vedensidontakykyä, kuten standardimenetelmä 54.21.01 tarkoituksena on määrittää, jolloin sen tulosta ei voi suoraan verrata muissa julkaisuissa esitettyihin vehnäjauhon vedensidontapitoisuuksiin (AACC 1994b).

Vehnäleipien ominaistilavuuden määrittämiseen valittiin satunnaisesti jokaisesta koeleivontaerästä A, B ja C kolme näytettä, jolloin ominaistilavuus määritettiin yhdeksän leipänäytteen ominaistilavuuden keskiarvona. Tilavuusmäärittämiseen valituista S100 ja S70D30 näytteistä kolme oli painunut kasaan säilytyksen aikana leipälaatikossa. Näytteiden epämuotoisuus lisäsi S100 ja S70D30 näytteiden ominaistilavuuksien keskihajontojen suuruutta.

4.1.3 Aistinvaraisten menetelmien luotettavuus

GDA tutkimus

GDA tutkimuksen koulutus ja arvioinnit suoritettiin lyhyessä ajassa, alle viikossa. Näytteiden kohtalaisen suuri määrä ja kahden arviointisession suorittaminen samana päivänä ovat aisteja väsyttäviä ja motivaatiota laskevia tekijöitä (Lawless ja Heymann 2010a). Aistien väsymisen estämiseksi arviointien välissä pidettiin 15 min tauko ja sanaston luonnissa pyrittiin määrittämään arvioitavat ominaisuudet tunto- ja näköaistien mukaan, jos mahdollista.

Esimerkiksi sisuksen karheus arvioitiin sormin eikä suussa pureskeltaessa. Raatilaisten motivaatiota pidettiin yllä tarjoamalla jokaisen koulutuksen tai arviointikerran jälkeen ilmaista kahvia ja kahvileipää sekä tarjoamalla kiitokseksi tuotelahjan. Yksi raadin jäsen suoritti kaksi viimeistä näytesarjan arviointia uudelleen pakastetuista ja sulatetuista leipänäytteistä kaksi päivää myöhemmin. Arvioijan tulosten luotettavuutta tarkasteltiin vertailemalla arvioijan suoritusta ensimmäisen arviointikerran (koeleivontaerä A) toistonäytteiden tuloksiin. Tulokset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi koeleivontaerän A toistonäytteistä, jolloin ne huomioitiin osana koko raadin tulosten tarkastelua.

Sanaston luonnin tavoitteena on luoda näytteitä toisistaan erottelevia ominaisuuksia, joista raadin jäsenillä on yksimielinen käsitys (Civille ja Lawless 1986, Lawless ja Heymann 2010b). Sanaston luonnissa havaittiin useita eri maku- ja hajuominaisuuksia, joita raadin oli haastava kuvailla yksimielisesti. Osa raadista selkeästi havaitsi koulutusnäytteistä sivumakuina karvaan, pistävän tai metallisen maun, kun taas toiset eivät, mikä oli yksi raadin yhdenmukaisuutta laskeva tekijä (Murray ym. 2001). Havainnosta huolimatta arvioitaviin ominaisuuksiin valittiin sivumaun voimakkuus ja lisäksi avoimeen kommenttikenttään kirjattiin mahdolliset lisähavainnot esimerkiksi sivumauista. Avoimista kommenteista ja sivumaun voimakkuuksista havaittiin arvioijien välillä erimielisyyttä arvioitavista ominaisuuksista. Kuitenkin raadin kykyä erottaa eri makuja todennettiin perusmakutestin avulla. Kaikki raatilaiset suorittavat onnistuneesti, jolloin raadin oletettiin kykenevän erottamaan ja tunnistamaan perusmakuja (ASTM 1981, Lawless ja Heymann 2010a). Lisäksi raadin yhdenmukaisuutta sanaston käytössä vahvistettiin referenssinäytteiden avulla, jotka ankkuroitiin arviointiasteikon päihin (Rainey 1986).

Raadin yhdenmukaisuutta ja tulosten toistettavuus todennettiin toistomittausten varianssianalyysin avulla (Mustonen ym. 2016). Koeleivontaerien ja rinnakkaisnäytteiden sisäistä vaihtelua tutkittiin toistonäytteillä, jolloin koulutettu raati arvioi saman näytteen yhteensä neljä kertaa. Tuloksista ei havaittu toistojen tai koeleivontaerien välillä merkittäviä yhdysvaikutuksia. Havaitut yhdysvaikutukset kuoren värin voimakkuudessa näytteen ja toisto sekä näytteen ja koeleivontaerän välillä oli seurausta vähäisistä värieroista näytteiden välillä. Lisäksi yhdysvaikutusta havaittiin sisuksen karheudessa sekä suutuntuman kuivuudessa, mikä voi olla seurausta näytteiden vaihtelevista pakastusolosuhteista. Vaikka toistojen ja

koeleivontaerien välillä oli havaittavissa yhdysvaikutuksia, tuloksia voidaan pitää luotettavina, kun tarkastellaan kokonaisuutena yhdysvaikutusten vähäistä määrää.

Kuluttajatutkimus

Kuluttajatutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida sen osallistujaotannan heterogeenisyyden sekä arviointiohjeiden ja -lomakkeen ymmärrettävyyden kannalta (Lawless ja Heymann 2010c).

Kuluttajatutkimuksen neljä näytettä esitettiin kuluttajille yhtäaikaaisesti, jolloin on olemassa riski arvioida epähuomiossa näytettä väärässä järjestyksessä (Lawless ja Heymann 2010c). Arviointivirheen minimoimiseksi jokaisen arviointikohdan yhteydessä kehoitettiin tarkastamaan arvioitavan näytteen koodi ja näytteet järjestettiin tarjottimille arviointijärjestyksen mukaan vasemmalta oikealle edestä taaksepäin. Kuluttajatutkimuksessa oli suhteellisen paljon kysymyksiä ja neljä näytettä, mikä on saattanut vaikuttaa kuluttajien mielenkiintoon tutkimuksen aikana. Kuluttajatutkimuksen tavoitteiden kannalta tärkeimmät kysymykset eli leipien ominaisuuksien miellyttävyydet esitettiin ensin ja vasta myöhemmin esim. taustakysymykset sekä CATA-ominaisuudet, joiden tuoma lisäarvo tutkimuksen tavoitteen kannalta eivät olleet yhtä merkittäviä.

Kuluttajatutkimuksen vastaajat olivat pääosin nuoria ja naispuolisia elintarviketieteiden ensimmäisen vuoden opiskelijoita, jolloin koko tutkimuksen yleistettävyys kaikissa ikäluokissa ja koko populaatiossa on kyseenalaistettavissa. Kuitenkin kuluttajatutkimuksen otoskoko ($n = 88$) oli luotettavuudeltaan riittävän suuri, jotta sen tuloksia voidaan hyödyntää suolaa korvaavien maitopohjaisten jauheiden tuotekehityksessä.

4.2 Tutkimustulosten tarkastelu

Maitopohjaisten mineraalirikastettujen DEMI- ja MPC60-jauheiden käyttöön liittyi instrumentaalisesti ja aistinvaraisesti havaittavia muutoksia vehnäleivän laadussa, mutta ei niinkään leipien miellyttävyydessä.

DEMI- ja MPC60-jauhe suolan korvaajana muuttivat aistinvaraisesti tarkasteltuna taikinan venyvyyttä sekä tarttuvuutta verrattaessa kontrollitaikinaan S100 ja vähäsuolaiseen taikinaan S50. Maitopohjaisia jauheita sisältävät taikinat S70D30, S70M30, S50D50 ja S50M50 eivät kestäneet taikinan venytystä samalla tavalla kuin S100 ja S50 taikinat. Taikinan venyvyyden

heikentyminen voi olla seurausta vehnäjauhon osuuden vähentymisestä kuin myös maidon muiden yhdisteiden kuten heraproteiinin ja gluteenin välisistä vuorovaikutuksista (Gani ym. 2015). Vastaavanlaisen tuloksen havaitsivat Gani ym. (2015) kun he tutkivat hera- ja kaseiiniproteiinkonsentraatin vaikutusta vehnäleivän venyvyyteen Texture Analyserilla. Lisäksi S70D30, S70M30 ja S50D50 tarvitsivat lisääntyneen tarttuvuuden takia enemmän pöytäjauhoa kuin muut tutkimusnäytteet. Tutkimuksessa havaitut muutokset taikinan käsiteltävyydessä voivat olla kriittisiä muutoksia teollisessa valmistusprosessissa ja siten havainnot vaativat lisätutkimusta selvittääkseen jauheiden teknologisen funktion taikinan reologisissa ominaisuuksissa. Maitopohjaisten jauheiden vaikutusta vehnäleivän taikinan reologisiin ominaisuuksiin on tutkittu aikaisemmissa julkaisuissa farinografilla, ekstensografilla, miksografilla ja reofermentometrillä (Erdogdu-Arnoczky ym. 1996, Kenny ym. 2000, Kenny ym. 2001, Gani ym. 2015)

DEMI- ja MPC60-jauheet vaikuttivat myös vehnäleivän paistohäviöön, ominaistilavuuteen sekä ulkonäköön, mikä on myös havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa (Erdogdu-Arnoczky 1996, Kenny ym. 2000, Bilgin ym. 2006, Wronkowska ym. 2015, Gani ym. 2015). Vehnäleipien paistohäviö laski tilastollisesti merkitsevästi DEMI- ja MPC60-jauheen pitoisuuden kasvaessa. Wronkowska ym. (2015) havaitsivat omassa tutkimuksessaan jopa 6 % paistohäviön muutoksen verrattaessa kontrolliin, kun he lisäsivät 20 % hapanta herakonsentraattia vehnäleipään. Vähäinen paistohäviö edistää leivän kosteutta, mikä on tärkeä tekijä leivän aistituksessa tuoreudessa (Kotoki ja Deka 2010). Tutkimuksessa vähäsuolaisemman S50 leivän paistohäviö kasvoi, jolloin tutkituilla suolaa korvaavilla jauheilla olisi kosteuden säilymistä edistävä vaikutus verrattaessa vain vähemmän suolaa sisältävään leipään. Kuitenkaan Lynch ym. (2009) eivät havainneet suolan vähentämisellä vaikutusta leivän paistohäviöön.

Kaikkien tutkimusnäytteiden ominaistilavuus oli korkeampi kuin aikaisemmissa julkaisuissa havaitut vuokavehänäleivän ominaistilavuudet (Sluimer 2005, Wang ym. 2018). Kontrollileivän S100 ominaistilavuus oli 4,48 ml/g kun taas Wang ym. (2018) tutkimuksessa kontrollileivän tilavuus oli 3,8 ml/g, jolloin ero kontrollileipien ominaistilavuudessa oli 0,68 ml/g (Wang ym. 2018). Kaikilla tutkimusnäytteillä havaittu aikaisempia tutkimustuloksia korkeampi ominaistilavuus voi olla seurausta erilaisesta pyöröriivauksesta tai prosessilaboratorion vaihtelevista olosuhteista. Kuitenkin merkittävämpi havainto ominaistilavuuden tuloksista oli suolaa korvaavien DEMI- ja MPC60-jauheiden ominaistilavuutta laskeva vaikutus jauheen

pitoisuuden kasvaessa. Aikaisemmissa tutkimustuloksissa on havaittu vastaava tulos, kun vehnäleipäreseptissä on käytetty käsittelemättömiä hera- ja kaseiiniproteiinia sisältäviä maitopohjaisia jauheita (Kenny ym. 2000, Bilgin ym. 2006, Wronkowska ym. 2015, Gani ym. 2015). Kuitenkin ominaistilavuutta edistäviä tuloksia on saatu hydrolysoimalla ja kuumennuskäsittelemällä hera- ja kaseiiniproteiinia sekä lisäämällä veteen liukenevaa natriumkaseinaattia (Erdogdu-Arnoczky ym. 1996, Kenny ym. 2000, Gani ym. 2015). Siten maidon proteiinit voivat edistää leivän ominaistilavuutta, jos ne ovat prosessoitu niiden funktionaalisuutta edistävin menetelmin. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin MPC60-jauheen vähentävän leivän ominaistilavuutta vähemmän kuin DEMI-jauhe, joka koostui pääosin disakkaridi laktoosista. Suolan vähentäminen S50 näytteessä nosti ominaistilavuutta, jolloin hiivan toiminta ei ole yhtä rajoittunutta, kuin kontrollileivässä (Salovaara ym. 2017).

Koulutettu raati havaitsi tilastollisesti merkitseviä eroja näytteiden kaikkien tutkittujen aistinvaraisten ominaisuuksien välillä. DEMI- ja MPC60-jauheilla suolan korvaaminen lisäsi vehnäleipien kuoren värin voimakkuutta, mikä havaittiin kuoren tummumisena. Maidon mineraalien lisäksi jauheet sisälsivät muita yhdisteitä kuten laktoosia ja proteiineja. Pelkistävänä sokerina laktoosi ja maidon proteiinit muodostavat leivän kuoren pintaan ruskeita ja paahteisen makuisia Maillard-yhdisteitä korkeissa paistolämpötiloissa (Bilgin ym. 2006, Gani ym. 2015). Maillard-reaktiotuotteet muodostavat myös paahteisia hajuyhdisteitä, mikä havaittiin paahteisen hajun voimakkuuden kasvuna. Leipien rakenteessa havaittiin myös maitopohjaisten jauheiden lisäävän sisuksen karheutta, mikä voi olla seurausta vehnäjauhon gluteenin ja tärkkelyksen osuuden vähentymisestä DEMI- ja MPC60-jauheiden osuuden kasvaessa.

Koulutettu raati havaitsi eroja leivän suolaisuudessa, kokonaismaussa sekä sivumaun voimakkuudessa, kun lisättyä suolaa korvattiin DEMI- ja MPC60-jauheilla 30 ja 50 % kontrollileivän S100 lisäystä suolasta. Antúnez ym. (2018) tutkivat koulutetun raadin avulla osittain kaliumkloridilla suolaa korvattujen vehnäleipien makuprofiilin muutoksia TCATA (engl. temporal check-all-that-apply) menetelmällä, jossa valitaan syönnin aikana havaittuja tuotetta kuvaavia ominaisuuksia ajan kuluessa. Korvatussa 40 % tai sitä enemmän leivän suolasta kaliumkloridilla havaittiin leivän karvauuden, metallisuuden ja sivumaun voimakkuuksissa muutoksia. Reißner ym. (2019) tutkivat aistinvaraisesti kolmitestillä eri mineraalien ja niiden seosten (kaliumkloridi, kalsiumkloridi ja magnesiumkloridi) vaikutusta vehnäleivän suolan korvaajana 50 % korvaustasolla. Mineraaliseokset, jotka sisälsivät

pelkästään kalsiumia tai kalsiumin lisäksi muita tutkittuja mineraaleja, aistittiin leivissä karvaina. Myös magnesiumin suolojen on osoitettu lisäävän leivän mauttomuutta, tunkkaisuutta, happamuutta 20 % suolan korvaustasolla aistinvaraisessa erotustestissä (Salovaara 1982). Tutkitut DEMI- ja MPC60-jauheet sisälsivät korkeimmasta pitoisuudesta pienimpään kaliumia, kloridia, kalsiumia, fosforia, natriumia ja magnesiumia. Jauheiden sisältämät useat mineraalit ovat osittain voineet lisätä leipien sivumakuja, alentaa suolaisuutta ja heikentää kokonaismaun voimakkuutta kuten aikaisemmissakin tutkimuksissa on osoitettu. Kuitenkin merkittävä ero vähäsuolaisen S50 leivän ja maitopohjaisia jauheita sisältävien S50D50 ja S50M50 näytteiden aistitussa suolaisuudessa ja kokonaismaun voimakkuudessa viittaavat jauheiden kykyyn pitää yllä leivän aistinvaraisia ominaisuuksia paremmin kuin pelkästään vähentämällä leivän suolapitoisuutta.

GDA menetelmän avulla voidaan tutkia tuotteiden muutosten kuten ainesosan korvaamisen vaikutusta aistinvaraisiin ominaisuuksiin, kun taas kuluttajatutkimuksella voidaan tutkia niiden vaikutusta aistittuun miellyttävyyteen (Lawless ja Heymann 2010b, Lawless ja Heymann 2010c). Kuluttajatutkimuksen tuloksista havaittiin, etteivät suolan korvaajien tuomat muutokset leivän aistinvaraisissa ominaisuuksissa vaikuttaneet tutkittujen leipien S70D30, S70M30 ja S50M50 aistittuun kokonaismiellyttävyyteen, maun, ulkonäön tai rakenteen miellyttävyyteen. Näytteistä S50M50 oli suolaisuuden miellyttävyydeltään muista näytteistä tilastollisesti merkitsevästi eroava. Kuitenkin ero kontrollileivän S100 suolaisuuden miellyttävyydestä oli alle yhden miellyttävyysasteikon verran. Braschi ym. (2009) onnistuivat korvaamaan kaliumkloridilla 50 % vehnäleivän suolasta muuttamatta sen kokonaismiellyttävyyttä. Antúnez ym. (2018) korvasivat vehnäleivän suolasta 30 % vaikuttamatta leivän kokonaismiellyttävyyteen tai leipien aistinvaraisiin ominaisuuksiin, joita tutkittiin CATA-kysymysten avulla. Tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin ominaisuuksien suolainen, mauton, tuskin suolainen, maistuva ja kuiva frekvenssijakaumassa (Antúnez ym. 2018). Sitä vastoin maitopohjaisten jauheiden kanssa ei havaittu selkeitä vaikutuksia kuluttajien valitsemiin CATA-ominaisuuksiin. Kuitenkin CATA-tuloksista voitiin havaita yhteys lisätyn suolapitoisuuden ja sanan suolainen esiintyvyyden välillä. Suolapitoisuuden vähentyessä sanan suolainen käyttö vähentyi S70D30, S70M30 ja S50M50 näytteissä. Merkittävää oli myös havainto sanan mauton valinnan kasvusta, kun suolaa korvaavan maitopohjaisen jauheen pitoisuus kasvoi. Kuluttajatutkimuksen tulokset osoittivat hyvin selkeästi, ettei yleisessä kuvailevassa menetelmässä havaitut muutokset leipien aistinvaraisissa ominaisuuksissa

vaikuttaneet merkitsevästi leipien S70D30 ja S70M30 miellyttävyyteen eikä edes 50 % suolan korvaustasolla lukuun ottamatta suolaisuuden miellyttävyyttä.

Tutkimuksen tulokset vastaavat aikaisemmissa tutkimuksissa todettua mineraalisuolojen aistittavuutta suolaisina, mutta vain 30 % korvauspitoisuuteen asti (Braschi ym. 2009, Antúnez ym. 2018, Reißner ym. 2019). Tutkimustulosten vertailukelpoisuus aikaisempiin julkaisuihin on haastavaa tutkimusastelemien erojen vuoksi. Tässä tutkimuksessa suolan korvaajina tutkittiin spesifejä mineraalirikastettuja maitopohjaisijauheita, joiden koostumuksesta saatiin vain rajallisesti tietoa. Aikaisemmissa tutkimuksissa maitopohjaisten jauheiden ja sen mineraalien potentiaalia suolan korvaajana on tutkittu makkarassa ja keitossa (Smith ym. 2016, Engeloug ym. 2017). Mineraalien lisäksi tutkitut maitopohjaiset jauheet sisälsivät suhteessa mineraaleihin enemmän muita maidon aineosia kuten laktoosia ja proteiinia. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu maitopohjaisten jauheiden ja konsentraattien vaikuttavan vehnäleivän laadullisiin ja aistinvaraisiin ominaisuuksiin riippuen jauheen koostumuksesta, valmistusmateriaalista ja käytetyistä prosessointimenetelmistä (Bilgin ym. 2006, Gani ym. 2015). Lisäksi useissa tutkimuksissa aistinvaraiset tutkimusmenetelmät, näytemateriaalien valmistusmenetelmät, raaka-aineet, suolapitoisuuden lähtötasot sekä korvaavien yhdisteiden suhteuttaminen reseptiin erosivat, mikä heikentää tulosten vertailukelpoisuutta (Braschi ym. 2009, Antúnez ym. 2018, Reißner ym. 2019).

4.3 Tutkittujen maitopohjaisten jauheiden mahdollisuudet suolan korvaajana

Tutkimuksen tulokset osoittivat maitopohjaisten jauheiden säilyttävän vehnäleivän aistinvaraisen kokonaismiellyttävyyden, vaikka lisätyn suolan pitoisuus oli 50 % vähäisempi ja koulutettu raati havaitsi muutoksia leipien aistinvaraisissa ominaisuuksissa. Siten mineraalirikastettujen DEMI- ja MPC60-jauheiden avulla voidaan vähentää vehnäleivän suolapitoisuutta menettämättä sen miellyttävyyttä. Jauheiden käyttöön suolan korvaajana liittyy haasteita, jotka tulee huomioida erityisesti soveltaessa tutkimuksen tuloksia kaupallisten tuotteiden valmistukseen.

Koska tutkitut DEMI- ja MPC60-jauheet sisälsivät luontaisesti natriumia, tulee tämän natriumin osuus huomioida pakkausmerkinnän kokonaissuolapitoisuudessa (EU As 1169/2011). Esimerkiksi tutkimuksessa korvattiin vehnäleivän lisäystä suolasta 30 %, jolloin kokonaissuolapitoisuuden lasku olikin 25 %, kun maitopohjaisen jauheen sisältämä natrium

huomioitiin suolana. Luontaisen natriumin lisäksi jauheet sisälsivät maitoproteiinia ja laktoosia, jotka eivät sovellu osalle kuluttajista maitoallergian, laktoosi-intoleranssin tai vegaanisuuden takia (EU As 1169/2011). Tutkimuksessa sovelletulla korvausmenetelmällä vehnäjauhoa vähennettiin maitopohjaisten jauheiden muiden kuin tuhkaksi luokiteltavien ainesosien verran. Yli 50 % lisätyn suolan korvauspitoisuuksilla taikinoiden käsiteltävyys muuttui merkittävästi heikommaksi DEMI- ja MPC60-jauheiden lisäyksen tai vehnäjauhon vähentämisen seurauksena. Taikinan reologisilla lisätutkimuksella ja prosessiparametrejä optimoimalla olisi voitu saavuttaa vielä suolapitoisuudeltaan vähäisempiä ja leivontaominaisuuksiltaan soveltuvia tutkimusnäytteitä. Maitojauheiden ainesosilla voi olla myös tietyissä pitoisuuksissa leivän ravitsemuksellista laatua edistäviä vaikutuksia kuten korkeampi proteiini-, kalium- ja kalsiumpitoisuus (Kenny ym. 2000, Wronkowska ym. 2015). Proteiinin kasvun merkitys tutkituilla jauheilla ei kasvanut merkittävästi verrattaessa kontrollileipään siten, että niille voisi esittää ravitsemusväitteen ”runsaasti proteiinia sisältävä” (EU As 1924/2006).

5 PÄÄTELMÄT

Suolan vähentäminen päivittäisistä ravinnonlähteistä kuten vehnäleivästä on tärkeä kansainvälinen tavoite, jonka edistämiseksi on tutkittu useita vaihtoehtoisia suolan vähentämismenetelmiä. Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää mineraalirikastettujen MPC60- ja DEMI-jauheiden käyttöä vehnäleivän suolan korvaajana vaikuttamatta negatiivisesti leivän aistinvaraisiin ominaisuuksiin ja miellyttävyyteen.

Korvaamalla vehnäleivän suolaa DEMI- ja MPC60-jauheilla havaittiin muutoksia taikinan käsiteltävyydessä, leivän ominaistilavuudessa ja paistohäviössä. Jauheiden korvauspitoisuuden kasvaessa taikinoiden tarttuvuus kasvoi lukuun ottamatta S50M50 taikinaa. Molemmat jauheet laskivat leipien ominaistilavuutta sekä paistohäviötä. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu maitopohjaisten jauheiden heikentävän tai edistävän vehnäleivän laatuominaisuuksia ja taikinan käsiteltävyyttä riippuen jauheiden valmistusmenetelmästä ja ainesosista. Tyypillisesti leivän laatuominaisuuksia kuten tilavuutta edistäviä tutkittuja jauheita ovat lämpö- tai happokäsitellyt jauheet, joiden sisältämä proteiini ei vaikuta häiritsevästi leivän sitkon muodostumiseen.

Yleisen kuvailevan menetelmän avulla selvitettiin aistinvaraisesti havaittavat muutokset vehnäleivän tyypillisiin ominaisuuksiin. Koulutettu raati havaitsi eroja leipien suolaisuuden voimakkuudessa lisätyn suolapitoisuuden mukaan, mikä tarkoittaa, ettei korvaava maidon

mineraalipitoisuus kummallakaan tutkitulla jauheella vastannut kontrollileivän S100 sisältämän suolan suolaisuutta. Kuitenkin maitopohjaisia jauheita sisältävät S50D50 ja S50M50 leivät arvioitiin suolaisemmiksi kuin vähäsuolainen leipä S50.

Lisäksi suolan korvaaminen tutkituilla jauheilla aiheutti muutoksia leipien aistinvaraisissa rakenne-, ulkonäkö- ja flavoriominaisuuksissa. Aistinvaraisesti havaittavat muutokset leivän hajun paahteisuudessa ja kuoren värin voimakkuudessa ovat yhdenmukaisia aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joissa maidon laktoosi sekä proteiinit muodostavat kuoreen väriltään ruskeita ja flavoriltaan paahteisia Maillard-reaktiotuotteita. Jauheiden vaikutus sisuksen karheuden ja suutuntuman kuivuuden voimistuminen voi olla seurausta leipien säilytyseroista. Lisätutkimusta tarvitaan jauheiden vaikutuksesta leivän rakenteeseen ja kosteuden säilyvyyteen. Jauheilla ei havaittu merkittäviä sivumakuja 30 % suolan korvaustasolla ja avoimien kommenttien perusteella mineraaleille tyypillisiä pistäviä, metallisia tai karvaita sivumakua ei tunnistettu.

Kuitenkin kuluttajatutkimuksen tulokset osoittivat, etteivät havaitut aistinvaraiset ominaisuudet vaikuttaneet maitopohjaisia jauheita sisältävien leipien miellyttävyyteen. Korvaamalla 30 % leivän suolasta DEMI- ja MPC60-jauheilla leivät aistittiin kaikkien tutkittujen ominaisuuksien mukaan yhtä miellyttäväksi kuin kontrollileipä S100. Jopa S50M50 näyte oli miellyttävyydeltään yhtä hyvä kuin kontrollileipä S100, vaikka sen suolaisuus aistittiin hieman epämiellyttävämpänä kuin muiden tutkittujen näytteiden. Kokonaisuudessaan tutkittujen leipien välillä ei havaittu selkeitä eroja miellyttävyydessä, jonka perusteella GDA tutkimuksessa havaitut leivän aistinvaraiset muutokset eivät vaikuttaneet negatiivisesti leipien miellyttävyyteen. Siten leipien suolapitoisuutta voitiin korvata 30 % DEMI- tai MPC60-jauheilla, jolloin huomioiden jauheiden sisältämän luontaisen natriumin kyseisellä korvauspitoisuudella voidaan käyttää ravitsemusväitettä ”sisältää vähemmän suolaa”.

LÄHDELUETTELO

- [AACC] American Association of Cereal Chemists. 1994a. AACC method 44-15A. Moisture - Air-Oven Methods. Teoksessa: Approved Methods of the American Assn. of Cereal Chemist. 9. p. St Paul, Minnesota, AACC.
- [AACC] American Association of Cereal Chemists. 1994b. AACC method 54.21.01. Farinograph Method for Flour. General. Teoksessa: Approved Methods of the American Assn. of Cereal Chemist. 9. p. St Paul, Minnesota: AACC.
- Abu NB, Harries D, Voet H, Niv MY. 2018. The taste of KCl – What a difference a sugar makes. *Food Chem.* 255: 165-173.
- Antúñez L, Giménez A, Ares G. 2016. A consumer-based approach to salt reduction: case study with bread. *Food Res. Int.* 90: 66-72.
- Antunéz L, Giménez A, Vidal L, Ares G. 2018. Partial replacement of NaCl with KCl in bread: Effect on sensory characteristics and consumer perception. *J. Sens. Stud.* 33: 12441 (1-12s).
- [ASTM] American society for testing and materials. 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. ASTM Publication. ASTM, Philadelphia, Yhdysvallat.
- Beck M, Jekle M, Becker T. 2012c. Sodium chloride – sensory, preserving and technological impact on yeast-leavened products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 1798-1807.
- Belz MCE, Mairinger R, Zannini E, Ryan LAM, Cashman KD, Arendt EK. 2012. The effect of sourdough and calcium propionate on the microbial shelf-life of salt reduced bread *Appl Microbiol Biotechnol* 96: 493-502.
- Bilgin B, Daglioglu O, Konyali M. 2006. Functionality of bread made with pasteurized whey and/or buttermilk. *Ital. J. Food Sci.* 18(3): 277-286.
- Braschi A, Gill L, Naismith DJ. 2009. Partial substitution of sodium with potassium in white bread: Feasibility and bioavailability. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60: 507–521.
- Braschi A, Gill L, Naismith DJ. 2009. Partial substitution of sodium with potassium in white bread: Feasibility and bioavailability. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60: 507–521.
- Busch JLHC, Yong FYS, Goh SM. 2013. Sodium reduction: Optimizing product composition and structure towards increasing saltiness perception. *Trends Food Sci. Technol.* 29: 21-34.
- Callejo MJ. 2011. Present situation on the descriptive sensory analysis of bread. *J. Sens. Stud.* 26: 255–268.
- Carcea M, Narducci V, Turfani V, Aguzzi A. 2018. A Survey of sodium chloride content in Italian artisanal and industrial bread. *Foods.* 7(11): 181-192.
- [CIQUAL] The French Information Center of Food Quality. 2019. French food composition database. Bread, French bread, baguette. Saatavilla: <https://ciqual.anses.fr/#/aliments/7001/bread-french-bread-baguette>. Viitattu 16.9.2019.
- Civille GV, Lawless HT. 1986. The importance of language in describing perceptions. *J Sens Stud* 1: 203-215.
- [CVUA] Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart. 2015. Zuviel Salz im Brot? Report. Saatavilla: <http://www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=1&ID=1894&lang=DE>. Viitattu: 11.5.2019.
- Engeloung AM, Yi G, Egelanddal B, Haug A, Nordvi B. 2017. Commercial Mineral Enhanced Dairy By-Products as Sodium Replacers, Antioxidants and Calcium Fortifiers in Sausages. *J. Food Sci.* 82(6): 1302-1309.

Engeloung AM, Yi G, Egelanddal B, Haug A, Nordvi B. 2017. Commercial Mineral Enhanced Dairy By-Products as Sodium Replacers, Antioxidants and Calcium Fortifiers in Sausages. *J. Food Sci.* 82(6): 1302-1309.

Erdogdu-Arnoczky N, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. 1996. Functionality of whey and casein in fermentation and in bread baking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chem* 73(3): 309-316.

[EU As 1924/2006] Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EY) N:o 1924/2006. 2006. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32006R1924>. Saatavilla: 16.9.2019.

Farinós NP, Sanz SS, Dal Re MÁ, Boyo JY, Robledo T, Castrodeza JJ, Amando JC, Villar C. 2018. Salt Content in bread in Spain 2014. *Nutr. Hosp.* 33(3): 650–654.

Frankowski KM, Miracle RE, Drake MA. 2014. The role of sodium in the salty taste of permeate. *J Dairy Science* 97: 5356 – 5370.

Gani A, Broadway AA, Masoodi FA, Wani AA, Maqsood S, Ashwar BA, Shah A, Rather SA, Gani A. 2015. Enzymatic hydrolysis of whey and casein protein effect on functional, rheological, textural and sensory properties of bread. *J. Food. Sci. Technol.* 52(12): 7697-7709.

Girgis S, Neal B, Prescott J, Prendergast J, Dumbrell S, Turner C, Woodward M. 2003. A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57: 616-620.

Hellemann U. 1992. Perceived taste of NaCl and acid mixtures in water and bread. *International Journal of Food Science and Technology* 27: 201-211.

Jimenez-Maroto LA, Sato T, Rankin SA. 2013. Saltiness potentiation in white bread by substituting sodium chloride with a fermented soy ingredient. *J. Cereal Sci.* 58: 313-317.

Kenny S, Wehrle K, Auty M, Arendt EK. 2001. Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. *Cereal Chem.* 78(4): 458-463.

Kenny S, Wehrle K, Stanton C, Arendt EK. 2000. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol* 210: 391-396.

Kenny S, Wehrle K, Stanton C, Arendt EK. 2000. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol* 210: 391-396.

van der Klaauw NJ, Smith DV. 1995. Taste quality profiles of fifteen organic and inorganic salts. *Physiol. Behav.* 85(2): 295-306.

Kotoki D, Deka SC. 2010. Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *J Food Sci Technol* 47(1): 128-131.

La Croix KW, Fiala SC, Colonna AE, Durham CA, Morrissey MT, Drum DK, Kohn MA. 2014. Consumer detection and acceptability of reduced-sodium bread. *Public Health Nutr.* 18(8): 1412-1418.

Lawless HT ja Heymann H. 2010a. Principles of good practice. Teoksessa: Lawless HT ja Heymann H, toim. Sensory evaluation of food principles and practices. 2. p. New York, USA: Springer. s 57-77.

Lawless HT ja Heymann H. 2010b. Descriptive analysis. Teoksessa: Lawless HT ja Heymann H, toim. Sensory evaluation of food principles and practices. 2. p. New York, USA: Springer. s 227-257.

Lawless HT ja Heymann H. 2010c. Acceptance testing. Teoksessa: Lawless HT ja Heymann H, toim. Sensory evaluation of food principles and practices. 2. p. New York, USA: Springer. s 325-347.

Lehto T, Tikkanen P. 2007. Ruokaleivän suola- ja ravintokuitupitoisuus helsinkiläisissä leipomoissa ja vähittäismyymälöissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 16/2007. 38 s. Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-16-07.pdf>

Luchian MI, Canja CM. 2010. Effect of salt on gas production in bread dough. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov* 52(3): 167-170.

Lynch EJ, Bello FD, Sheehan EM, Cashman KD, Arendt EK. 2009. Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Res. Int.* 42: 885-891.

McCann TH, Day L. 2013. Effect of sodium chloride on gluten network formation, dough microstructure and rheology in relation to breadmaking. *J. Cereal Sci.* 57: 444-452.

Miller RA, Hoseney RC. 2008 Role of salt in baking. *Cereal Foods World* 53(1): 4-6.

[MMM] Maa- ja metsätalousministeriö. 2014. Maa- ja metsätalousministeriön asetus eräiden elintarvikkeiden ilmoittamisesta voimakassuolaiseksi Asetus 1010/2014. Annettu Helsingissä 28.11.2014. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141010>.

Mononen R. 2010. Kotimaisten talviomenalajien aistinvarainen laatu ja kuluttajavasteet. [pro gradu tutkielma]. EKT-sarja 1476. Helsinki: Helsingin Yliopisto, elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. 108 s. Saatavilla: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35948/mononen%20riikka_syyskuu2010_PA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Murray J, Delahunty C, Baxter I. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Res Int* 4(6): 461-71.

Mustonen S, Appelbye U, Tuorila H. 2008. Kokeen suunnittelu ja käytännön toteutus. Teoksessa: Tuorila H, Appelbye U, toim. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino. s. 175-191.

Noort MWJ, Bult JHF, Stieger M, Hamer M. 2010. Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. *J. Cereal Sci.* 52: 378–386.

Pflaum T, Konitzer K, Hofmann T, Koehler P. 2013. Analytical and sensory studies on the release of sodium from wheat bread crumb. *ACS Publications* 61: 6485-6494.

Puputti S, Aisala H, Hopppu U, Sandell M. 2018. Multidimensional measurement of individual differences in taste perception. *Food Qual Prefer* 65: 10-17.

Pylar EJ, Gorton LA. 2008c. Bakery ingredients Part B: Minor Ingredients: 2.B.2 Dairy. Teoksessa: *Baking Science & Technology: Volume I Fundamentals & Ingredients*. 4. p. Kansas City, USA: Sosland Publishing Co. s 312-330.

Quilez J, Salas-Salvado J. 2012. Salt in bread in Europe: potential benefits of reduction. *Nutr Rev* 70(11): 666-678.

Raffo A, Carcea M, Moneta E, Narducci V, Nicoli S, Preparao M, Sinesio F, Turfani V. 2018. Influence of different levels of sodium chloride and of a reduced-sodium salt substitute on volatiles formation and sensory quality of wheat bread. *J Cereal Sci.* 79: 518 – 526.

Rainey BA. 1986. Importance of reference standards in training panelists. *J. Sens. Stud* 1: 149-154.

Reißner A-M, Wendt J, Zahn S, Rohm H. 2019. Sodium-chloride reduction by substitution with potassium, calcium and magnesium salts in wheat bread. *LWT - Food Sci. Technol.* 108: 153-159.

Rizello CG, Nionelli L, Coda R, Di Cagno R, Gobbetti M. 2010. Use of sourdough fermented wheat germ for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of the white bread. *Eur Food Res Technol* 230: 645-654.

Roininen K, Heiniö R-L, Vehkalahti K. 2008. Kuvailevat menetelmät. Teoksessa: Tuorila H, Appelbye U. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. 2. painos. Gaudeamus. s. 93 - 106.

Rødbotten M, Tomic O, Holtekjølen AK, Grini IS, Lea P, Granli BS, Grimsby S. 2015. Barley bread with normal and low content of salt; sensory profile and consumer preference in five European countries. *J. Cereal Sci.* 64: 176-182.

Salovaara H, Ignatius A, Jussila A, Hurri-Martikainen M. 2017. *Leivonnan teknologia – Ruokaleipä*. 1. p. Helsinki: Bookwell. 295 s.

Salovaara H. 1982. Sensory Limitations to Replacement of Sodium with Potassium and Magnesium in Bread. *Cereal Chem.* 59(5): 427-430.

Salovaara H. 1982a. Effect of partial sodium chloride replacement by other salts on wheat dough rheology. *Cereal Chem.* 59(5): 422-426.

Salovaara H. 1982b. Sensory Limitations to Replacement of Sodium with Potassium and Magnesium in Bread. *Cereal Chem.* 59(5): 427-430.

Salovaara H. 1984. Functions of salt in bakery products. Teoksessa: *Proc. 22nd Nordic Cereal Congress*. Lillehammer. 57-73.

Salovaara H, Hyppönen R-L, Raevuori M, Kauppinen M. 1986. Effect of sodium chloride levels on ageing of wheat and sour rye bread. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.* 19: 376-381.

Samapundo S, Deschuyffeleer N, Van Laere D, De Lyen I, Devlieghere F. 2010. Effect of NaCl reduction and replacement of fungi important to the spoilage of bread. *Food Microbiology* 27: 749-756.

Silow C, Axel C, Zannini E, Arendt EK. 2016. Current status of salt reduction in bread and bakery products - A review. *J. Cereal Sci.* 72: 135-145.

Sluimer P. 2005. *Principles of breadmaking. Functionality of Raw Materials and Process Steps*. 2. painos. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists (AACC). 212 s.

Smith ST, Metzger L, Drake MA. 2016. Evaluation of whey, milk, and delactosed permeates as salt substitutes. *J. Dairy Science* 99: 8687 – 8689.

Tamime AY. 2009. *Dairy powders and concentrated products*. Chichester, U.K: Wiley-Blackwell. 380 s.

Tamura M, Seki T, Kawasaki Y, Tada M, Eiichi K, Okai H. 1989. An enhancing effect on the saltiness of sodium chloride of added amino acids and their esters. *Agric Biol Chem* 53(6): 1625-1633.

[THL] Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. 2018. Ravitsemus Suomessa – FinRavinto 2017 -tutkimus raportti. Helsinki 2018. Saatavilla: http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137433/Raportti_12_2018_netiti%20uusi%202.4.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Timonen T. 2019. suullinen tiedoksianto. Mineraalisuolalla suolatun leivän aistittavan laadun optimointi [pro gradu -tutkimus]. EKT-sarja. Helsinki: Helsingin yliopisto, elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. 85 s. Saatavilla verkosta 03.05.2021.

Tuorila-Ollikainen H, Salovaara H, Kurkela R. 1986. Effect of saltiness on the liking and consumption of bread and butter. *Ecol Food Nutr* 18: 99-106.

Varis J. 2017. Natiivin ja raskitetun härkäpavun vaikutukset vehnäleivän rakenteeseen ja aistinvaraisiin ominaisuuksiin [pro gradu tutkielma]. EKT-sarja 1775. Helsinki: Helsingin yliopisto, elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. 85 s. Saatavilla: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/193724/Jutta_Varis_1775_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y

[VRN] Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014. Saatavilla: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/kuluttaja-ja-ammattilaismateriaali/julkaisut/ravitsemussuositukset_2014_fi_web_versio_5.pdf.

Wang Y, Compaoré-Séréme D, Sawadogo-Lingani H, Coda R, Katina K, Maina NH. 2019. Influence of dextran synthesized *in situ* on the rheological, technological and nutritional properties of whole grain pearl millet bread. Food Chemistry 285: 221-230.

Wang Y, Sorvali P, Laitila A, Maina NH, Coda R, Katina K. 2018. Dextran produced *in situ* as a tool to improve the quality of wheat-faba bean composite bread. Food Hydrocolloids 84: 396-405.

[WHO] World Health Organization. 2012. Guideline: sodium intake for adults and children. 46 s. Saatavilla: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/77985/9789241504836_eng.pdf;jsessionid=309E714E333BFC4D9726F0F8DEF16581?sequence=1

[WHO] World Health Organization. 2013. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. 103 s. Saatavilla: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94384/9789241506236_eng.pdf;jsessionid=9AAB219851C644C828CF36DF877DD289?sequence=1

Wilkie LM, Phillips EDC. 2014. Heterogeneous binary interactions of taste primaries: Perceptual outcomes, physiology, and future directions. Neurosci. Biobehav. Rev. 47: 70-86.

Wronkowska M, Jadacka M, Soral-Smietana M, Zander L, Dajnowiec F, Banaszczyk P, Jelinski T, Szmatołowicz B. 2014. ACID whey concentrated by ultrafiltration a tool for modeling bread properties. Food Sci. Technol. 61: 172-176.

LIITTEET

LIITE 1 Referenssinäytteiden koeleivontareseptit ja värikartan standardit


GDA tutkimuksessa käytettyjen referenssinäytteiden valmistusreseptien aineosien määrät grammoina (g) taikinan painosta ja prosentteina jauhон painosta (% j.p.).

Voimakassuolainen referenssi (rS130)	taikinan painosta g	% j.p.
Vehnäjauho	1500,00	100,00
Vesi	844,50	56,30
Suola	33,00	2,20
Maitojauhe	0,00	0,00
Sokeri	30,00	2,00
Hiiva	75,00	5,00
Rasva	90,00	6,00
Yhteensä	2572,50	171,50

Suolaton referenssi (rS0)		
Vehnäjauho	1500,00	100,00
Vesi	844,50	56,30
DEMI	0,00	0,00
Suola	0,00	0,00
Sokeri	30,00	2,00
Hiiva	75,00	5,00
Rasva	90,00	6,00
Yhteensä	2539,50	169,30

Voimakas maitomineraali referenssi (rS30D70)		
Vehnäjauho	92,04	1380,54
Vesi	56,30	844,50
DEMI	9,15	137,31
Suola	0,51	7,65
Sokeri	2,00	30,00
Hiiva	5,00	75,00
Rasva	6,00	90,00
Yhteensä	171,00	2565,00

Vehnäleivän kuoren värin referenssivärikartan NCS värijärjestelmän standardin mukaiset värisävyt

	Värikartan asteikolle	ankkurointi	Teknos-värinimi	NCS standardia värisävy	vastaava
	1		T1569	0706-Y22R	
			T1570	0613-Y23R	
			T1572	1130-Y22R	
			T1574	2138-Y32R	
	5		T1591	2253-Y28R	
			T1592	3844-Y41R	
			T1593	6226-Y40R	
			T1594	7115-Y44R	
	9		T1585	7804-Y45R	

LIITE 2 GDA suostumuslomake

Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto, Aistinvaraisen tutkimuksen laboratorio
PL 66 (Agnes Sjöbergin katu 2, EE-talo, 2. krs), 00014 Helsingin yliopisto

Tiedote tutkimuksesta ja suostumus osallistua aistinvaraiseen tutkimukseen

Aistinvaraisen tutkimuksen yleiset periaatteet

Elintarvikkeiden aistinvaraisella tutkimuksella kerätään tietoa elintarvikkeiden ominaisuuksista tai vastaajien suhtautumisesta niihin. Tietoa kerätään aistien avulla: katsomalla, tunnustelemalla, haistamalla ja maistamalla elintarvikenäytteitä tai niiden aineosia. Näytteiden valmistuksessa noudatetaan hyvää elintarvikehygieniää. Kokeen alussa kerromme tutkimuksen tarkoituksen osallistujille siten kuin on mahdollista olematta johdatteleva. Kokeen jälkeen voidaan järjestää palautetilaisuus, jossa kerrotaan tarkemmin tutkimuksen tavoitteista ja tuloksista. Tarvittaessa osallistujat voivat pyytää tutkimuksen tietoja sähköpostitse. Tutkittavien henkilötietoja käsitellään ehdottoman luottamuksellisesti ja erillään varsinaisesta tutkimusaineistosta.

Suostumuksen yleisperiaate

Tällä suostumuksella koehenkilö lupautuu noudattamaan kokeessa annettuja ohjeita. Tutkimukseen osallistumisesta on oikeus kieltäytyä. Osallistujilla on myös oikeus keskeyttää osallistumisensa milloin tahansa kokeen aikana. Keskeyttämistä ei tarvitse perustella eikä keskeyttäminen vaikuta keskeyttäjän kohteluun. Keskeyttäneen koehenkilön antamia tietoja ei käytetä tutkimuksessa.

Tietoja tutkimuksesta, johon koehenkilö suostuu allekirjoittaessaan tämän suostumuksen

Tutkimuksen nimi: Vehnäleivän suolan korvaaminen

Aikaväli, jolla kokeet tehdään: Neljänä päivänä 16.7.-19.7.2019 sisältäen koulutuksen, perusmakutestin ja arvioinnit

Näytteiden laatu ja määrä: 6 leipänäytettä

Näytteiden nieleminen: Leipänäytteiden nieleminen on suotavaa

Koekertojen määrä ja kesto: Kahtena pvnä 2h koulutuskerrat sisältäen perusmakutestin ja kahtena pvnä 1h arviointisessiot

Mahdollisesti allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavat aineosat: **maito, vehnä**

Yhteyshenkilö: Elisa Räikkönen, elisa.raikkonen@helsinki.fi p. 050-9176368

Suostumus

Olen saanut riittävät tiedot tästä tutkimuksesta ja varmistunut siitä, että näytteet eivät sisällä minulle allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavia aineita. Suostun osallistujaksi vapaaehtoisesti ja vastauksiani saa käyttää tutkimuksellisiin tarkoituksiin.

Helsingissä _____ 2019

Allekirjoitus

Nimenselvennös

Sähköpostiosoite: _____

Puhelin: _____

Ruoka-aineallergiani: _____

LIITE 3 Aikaisemmissa aistinvaraisissa tutkimuksissa esiintyviä vehnäleivän ominaisuuksia

Taulukossa on esitetty vehnäleivän aistinvaraisissa tutkimuksissa esiintyviä ominaisuuksia, joissa suolaa on vähennetty tai leipään lisätty maitopohjaisia tuotteita.

	Ominaisuus	Määritelmä	Ankkurit
ULKONÄKÖ	Tiheys 2)	Tiivistä pakkautunut sisus, kuten teollisessa vaaleassa vehnäleivässä	vähäinen – suuri
	Väri 3)	Kuoren väri	ei lainkaan – erittäin voimakas
HAJU	Leipomon haju (bakery aroma) 1)	Tyypillinen tuoreen leivän aromi 1)2)	0 = laimea (flat) ja heikko, 9 = vahva 1)
	Tuoreen leivän haju 2)3)		vähäinen – suuri 2) ei lainkaan – erittäin voimakas 3)
	Hiivan haju 1)3)	Sisuksesta arvioitava tyypillinen hiivainen haju	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva 1) ei lainkaan – erittäin voimakas 3)
	Paahteinen haju 1)	Kuoresta arvioitava paahdetun leivän haju	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva
RAKENNE	Sisuksen kosteus 1) 2)	Leivän sisuksen pinnasta havaittava kosteus 1) Käsin havaittava sisuksen kosteuden häviäminen 2)	0 = kuiva, 9 = kostea 1) kostea – kuiva 2)
	Kovuus 1)	Voima, joka vaaditaan muodonmuuttamiseen, leivän lävistäminen poskihampailla	0 = pehmeä, 9 = kova
	Koossapysyvyys (cohesiveness) 1)2)	Kuinka pureskeltu leivän sisus pysyy koossa yhtenäisenä massana ensimmäisten puraisujen aikana 1) Taikinamainen ja muodostaa suussa pallon 2)	0 = löyhä (loose) massa tai mureneva, 9 = tiivis (tight) massa 1)
	Elastisuus (elasticity) 1)2)	Sisuksen muotoonsa palautumisen nopeus ja palautumisen suuruus sormella painamisen jälkeen 1)2)	0 = hidas ja osittainen palautuminen, 9 = nopea ja täydellinen palautuminen muotoonsa 1) vähäinen – suuri 2)
	Sisuksen huokosten rakenne (crumb hole structure) 1)	Sisuksen huokosten rakenne	0 = Hienojakoinen (fine) ja tasainen (even), 9 = rosainen (coarse) ja epätasainen
	Sisuksen keveys (lightness) 1)	Sisuksen tiheyden tai keveyden suuruus	0 = Kompakti, tiheä ja tiivis (tight), 9 = huokoinen (porous) ja kevyt

MAKU

Makeus 1)2)	Sisuksesta arvioita sokerien tuottama perusmaku 1)2)	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva 1)
Suolaisuus 1)2)	Sisuksesta arvioitava natriumkloridin tuottama perusmaku 1)2)	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva 1)
Karvaus 1)2)3)	Kuoresta arvioitavat kofeiinin tuottama perusmaku 1)2)	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva 1)
Happamuus 2)3)	Maitohapon ja sitruunahapon tuottama hapan perusmaku aistimus	vähäinen – suuri 2) ei lainkaan – erittäin voimakas 3)
Kokonaisflavori 1)	Kokonaisvaltainen retronasaalinen aistimus	0 = ei heikko, 9 = vahva
Paahteinen flavori 1)	Kokoleivästä arvioitava tyypillinen paahdetun leivän maku	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva
Karvas jälkimaku 1)	Kofeiiniin liittyvä perusmaun karvaan jälkimaku	0 = ei havaittavissa, 9 = vahva
Tunkkainen/vanhentunut 2)	Tunkkaisen tai vanhentunut maun suuruus	vähäinen – suuri 2)
Hapantaikina 2)	Hapantaikinaleipää jäljittelevä maku	vähäinen – suuri 2)
Hiiva/Fermentaatio 2)	Hiivan käymistä jäljittelevä maku	vähäinen – suuri 2)
Vesi + jauho 2)	Veden ja jauhон maku	vähäinen – suuri 2)
Pistävä 2)	Suuta kuivattava ja kova aistimus. Kuivumisen, kurtistumisen ja kiristymisen tuntemus alemmassa suuontelossa aiheuttaen solujen supistumista	vähäinen – suuri 2)

1) Raffo ym. 2018 – vehnäleivän suolaa vähennetty, GDA

2) Lynch ym. 2009 – vehnäleivän suolaa vähennetty, GDA

3) Wronkowska ym. 2015 – vehnäleivään lisätty heraproteiinjauhetta - QDA

LIITE 4 Koulutetun raadin arviointilomakkeen asettelu

Alla esitetyssä kuvassa on koulutetun raadin arviointilomakkeen yksi osio. Lomakkeessa havaittiin virheellinen termi ”jälkimaku”, jolla tarkoitettiin ”sivumaku”. Raadille ohjeistettiin arvioimaan kyseinen ominaisuus sivumakuna ennen, jokaista arviointikertaa.

SUUTUNTUMA & MAKU

Näytön oikeassa reunassa näkyy ylimpänä arvioitavan näytteen koodinumero. Kun olet arvioinut ensimmäisen näytteen, siirry seuraavan näytteen arviointiin viemällä kursori listassa seuraavaksi ylimmän koodinumeron kohdalle jne.

Vasta sitten kun olet arvioinut kaikki näytteet voit siirtyä seuraavalle sivulle. Jos havaitset muita suutuntuma tai maku ominaisuuksia, kirjoita havainnot väriarviointilomakkeen (paperinen) taakse.

	Ei lainkaan	T Erittäin kuiva	
Sisuksen kuivuus	<div style="text-align: center;"> ----- </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">545</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">408</div>
			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">723</div>
Sisuksen suolaisuus	<div style="text-align: center;"> ----- </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">312</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">997</div>
			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">134</div>
Kokonaismaun voimakkuus	<div style="text-align: center;"> ----- </div>		
Jälkimaun voimakkuus	<div style="text-align: center;"> ----- </div>		

LIITE 5 Kuluttajatutkimuksen suostumuslomake

Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto, Aistinvaraisen tutkimuksen laboratorio
PL 66 (Agnes Sjöbergin katu 2, EE-talo, 2. krs), 00014 Helsingin yliopisto

Tiedote tutkimuksesta ja suostumus osallistua aistinvaraiseen tutkimukseen

Aistinvaraisen tutkimuksen yleiset periaatteet

Elintarvikkeiden aistinvaraisella tutkimuksella kerätään tietoa elintarvikkeiden ominaisuuksista tai vastaajien suhtautumisesta niihin. Tietoa kerätään aistien avulla: katsomalla, tunnustelemalla, haistamalla ja maistamalla elintarvikenäytteitä tai niiden aineosia. Näytteiden valmistuksessa noudatetaan hyvää elintarvikehygieniää. Kokeen alussa kerromme tutkimuksen tarkoituksen osallistujille siten kuin on mahdollista olematta johdatteleva. Kokeen jälkeen voidaan järjestää palautetilaisuus, jossa kerrotaan tarkemmin tutkimuksen tavoitteista ja tuloksista. Tarvittaessa osallistujat voivat pyytää tutkimuksen tietoja sähköpostitse. Tutkittavien henkilötietoja käsitellään ehdottoman luottamuksellisesti ja erillään varsinaisesta tutkimusaineistosta.

Suostumuksen yleisperiaate

Tällä suostumuksella koehenkilö lupautuu noudattamaan kokeessa annettuja ohjeita. Tutkimukseen osallistumisesta on oikeus kieltäytyä. Osallistujilla on myös oikeus keskeyttää osallistumisensa milloin tahansa kokeen aikana. Keskeyttämistä ei tarvitse perustella eikä keskeyttäminen vaikuta keskeyttäjän kohteluun. Keskeyttäneen koehenkilön antamia tietoja ei käytetä tutkimuksessa.

Tietoja tutkimuksesta, johon koehenkilö suostuu allekirjoittaessaan tämän suostumuksen

Tutkimuksen nimi: **Kuluttajatutkimus vehnäleivän miellyttävyydestä**

Aikaväli, jolla kokeet tehdään: **tiistaina 27.8.2019 ja tarvittaessa keskiviikkona 28.8.2019**

Näytteiden laatu ja määrä: **4 leipäviipaleita**

Näytteiden nieleminen: **Leipänäytteiden nieleminen on suotavaa**

Koekertojen määrä ja kesto: **Yksi arviointikerta, kesto noin 20 min**

Mahdollisesti allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavat aineosat: **Maito ja vehnä**

Yhteysthenkilö: **Elisa Räikkönen**, elisa.raikkonen@helsinki.fi, p. 050-9176368

Suostumus

Olen saanut riittävät tiedot tästä tutkimuksesta ja varmistunut siitä, että näytteet eivät sisällä minulle allergiaa tai yliherkkyyttä aiheuttavia aineita. Suostun osallistujaksi vapaaehtoisesti ja vastauksiani saa käyttää tutkimuksellisiin tarkoituksiin.

Helsingissä _____, 2019

Allekirjoitus*

Nimenselvennös*

Sähköpostiosoite: _____

Tulokset esitetään FOOD-104 kurssin seminaaritalaisuudessa keskiviikkona 9.10.2019 klo 10-12 EE-talolla sh 11-12.

LIITE 6 GDA tutkimuksen avoimet kommentit

GDA tutkimuksessa kirjatut avoimet kommentit.

S100	S70D30	S70M30	S50	S50D50	S50M50
Hiiivainen	Hapan	Jauhoinen	Herne	Hapan/Karvas	Herne
Hiiivainen	Makea haju	Karvas	Kannabis	Karvas	Herne Limppumainen haju
Karvas	Makea haju Navettamainen	Kitkerä	Kitkerä	Karvas	Makea
Karvas	haju	Makea haju	Mauton	Makea	Makea haju
Metallinen	Viljainen	Pehmeä haju	Paahteinen haju	Makea	Mauton/tyhjä/p ahvi
Metallinen		Viljainen	Pahvi	Makea haju	Metallinen
Metallinen		Viljainen	Viljainen	Metallinen	Metallinen
Paahteinen		Viljainen		Metallinen Navettamainen	Metallinen
Suolainen		Viljainen		haju Navettamainen	Mieto
		Viljainen		haju	Paahteinen haju
		Viljainen		Pistävä	Paahteinen haju
				Pistävä	Pahvi
				Pistävä haju	Pistävä maku
				Sivumaku	Pistävä maku
				Sivumaku	Sivumaku
				Suolainen	Viljainen
				Viljainen	Viljainen
				Viljainen	Viljainen
					Viljainen